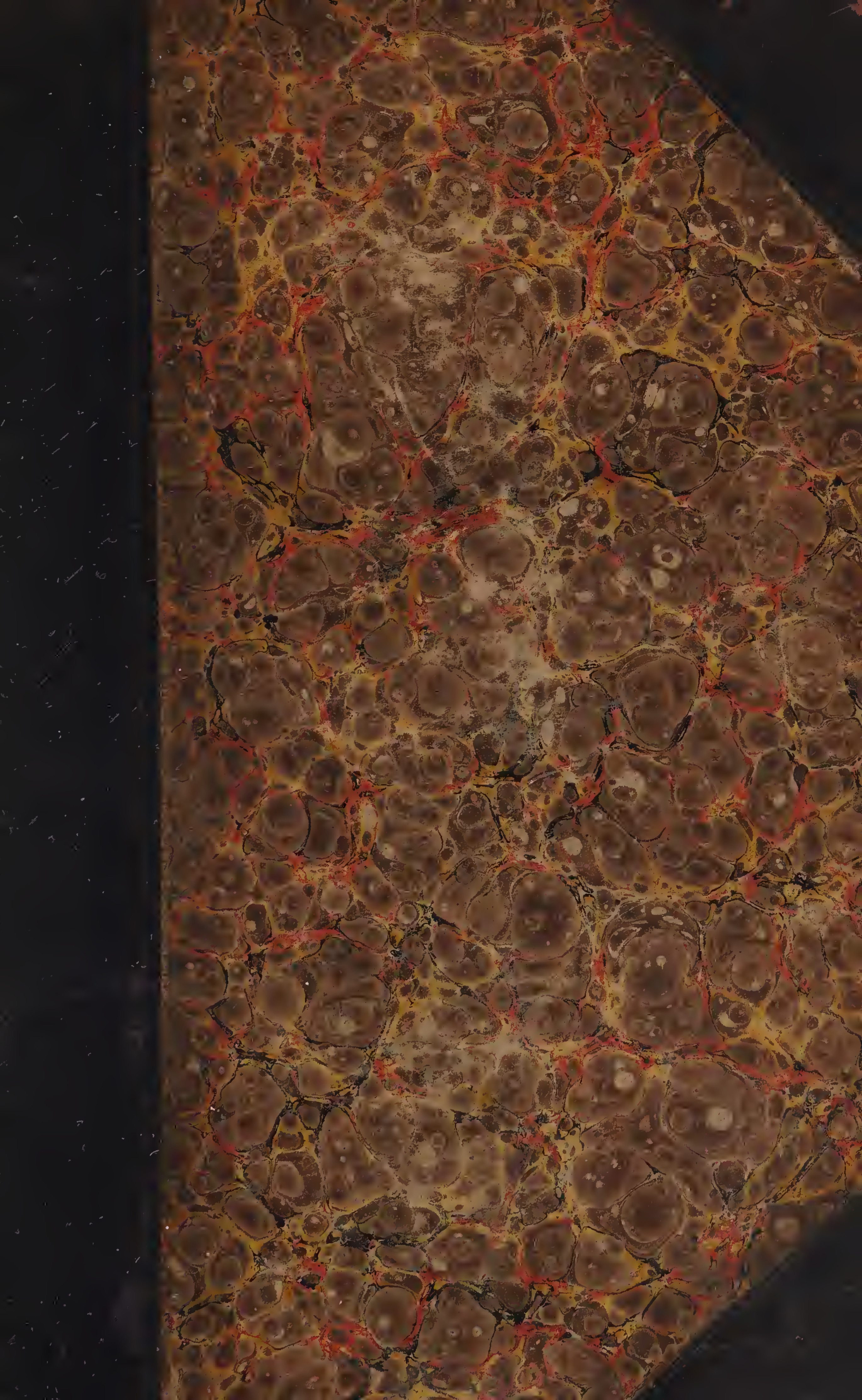


120
6

ANNUAIRE
SCIENTIFIQUE

CINQUIÈME ANNÉE

1866



PARIS. — IMP. SIMON RAÇON ET COMP., RUE D'ERFURTH, 1.

LES PROGRÈS DES SCIENCES EN 1865

ANNUAIRE
SCIENTIFIQUE

PUBLIÉ PAR

P. P. DEHÉRAIN

DOCTEUR ÈS SCIENCES

PROFESSEUR DE CHIMIE A L'ÉCOLE CENTRALE D'ARCHITECTURE ET AU COLLÉGE CHAPTAL
CHARGÉ DE COURS A L'ÉCOLE IMPÉRIALE D'AGRICULTURE DE GRIGNON,
MEMBRE DE LA SOCIÉTÉ PHILOMATIQUE,
VICE-SECRÉTAIRE DE LA SOCIÉTÉ CHIMIQUE DE PARIS.

AVEC LA COLLABORATION DE MM.

A. DUMÉRIL, professeur de zoologie au Museum d'histoire naturelle ;
M. GOMONT, garde général des forêts ; **A. GUILLEMIN** ;
Dr MABEY, lauréat de l'Institut **MARGOLLÉ**, ancien officier de marine ;
MENU DE SAINT-MESMIN, préfet général des études au collége Chaptal ;
E. MORIN, professeur de géographie et d'histoire au collége Chaptal ;
G. RAYET, astronome à l'Observatoire de Paris ;
A. REYTOP ;
E. SAINT-EDME, préparateur de physique au Conservatoire des Arts et Métiers ;
G. TISSANDIER ; **Dr U. TRÉLAT**, chirurgien des hôpitaux ;
VIGNES, professeur suppléant d'histoire naturelle au collége Chaptal ;
Dr JULES WORMS ; **ZURCHER**, ancien officier de marine.

CINQUIÈME ANNÉE

1866

PARIS
CHARPENTIER, LIBRAIRE-ÉDITEUR
28, QUAI DE L'ÉCOLE, 28

PREMIÈRE PARTIE

SCIENCES PURES

ASTRONOMIE

RECHERCHES RÉCENTES

SUR LA CONSTITUTION PHYSIQUE DU SOLEIL [1]

Qu'est-ce que le Soleil ? *What is the Sun?* Voilà une question qui reste toujours, en dépit de deux siècles et demi de travaux et d'observations, à l'ordre du jour de l'astronomie. Et cependant les faits qui peuvent et doivent servir de base à une théorie rationnelle des phénomènes solaires n'ont jamais été accumulés en aussi grand nombre, décrits avec plus de minutieux détails ; jamais les observateurs n'ont montré un zèle plus infatigable et plus intelligent. Il y a quelques années à peine, l'hypothèse imaginée au siècle dernier par Wilson, adoptée par les deux Herschel, développée et propagée en France par Fr. Arago, était en pleine possession de

[1] *Observations of the Spots on the Sun, from nov.* 1853, *to march* 1861, by R. C. Carrington. — *Sur la constitution physique du Soleil*, par M. Faye, comptes rendus de l'Académie des sciences pour 1865. — *Lettres du P. Secchi sur les taches solaires*, C. R. 1865 et Monthly notices of the astronomical Society. — *Letter from sir J. W. F. Herschel to Mr W. de la Rue, Monthly notices*, march 1865. — *Sur la nature des taches du Soleil*, par MM. W. de la Rue, Balfour Stewart et B. Lœwy, Procedings of the royal Society. — *Observations des taches solaires*, par J. Chacornac.

la vogue, au sein du monde savant. Comment le doute a-t-il succédé à l'affirmation, comment ce qui était pleinement accepté par les astronomes d'hier se trouve-t-il contesté par les astronomes d'aujourd'hui ? En cherchant à répondre à ces questions, nous ferons par là même l'histoire des récents progrès de la science, en ce qui touche l'intéressant problème de la constitution physique du Soleil.

I

Nature des taches solaires. — Les taches sont des cavités entamant les couches superficielles du globe du soleil.

Rappelons d'abord, pour ôter toute équivoque, la distinction que font les astronomes entre les données purement astronomiques relatives à un corps céleste, et les données physiques. Les premières s'entendent de tout ce qui concerne le mouvement et la position de l'astre, de sa distance, de la forme et des dimensions de son orbite ; elles sont du domaine exclusif de la géométrie et de la mécanique céleste. Tous les faits, au contraire, qui peuvent nous renseigner sur sa forme et sa structure particulières, les accidents permanents ou temporaires de sa surface, la composition et l'état de la matière qui le forme, sa température, sa lumière propre ou empruntée, ses variations climatériques, forment ce que les savants sont convenus d'appeler sa constitution physique. Ce qu'on savait du Soleil, à ce dernier point de vue, et c'est ici le seul qui nous occupera, était naturellement fort peu de chose avant l'invention des lunettes. Corps sphérique chaud et lumineux, étant lui-même la source de la chaleur et de la lumière pour les astres qui gravitent autour de lui, voilà tout ce qu'on pouvait dire alors du foyer de notre monde, et les idées que les savants ou les philosophes émettaient sur sa structure intime étaient purement conjecturales. Il fallait, pour aller plus avant, distinguer avec quelque netteté les accidents de sa surface.

Une fois les taches solaires découvertes et étudiées, ce fut tout autre chose. Vingt hypothèses surgirent dans le but d'expliquer les diverses circonstances du phénomène, et l'histoire de ce point de la science aurait son intérêt, s'il s'agissait de faire voir comment procède l'esprit humain dans les sciences d'observation pour arriver à la découverte de la vérité. Il nous suffira de dire que l'é-

limination des hypothèses fausses ou incomplètes se fit avec une rapidité d'autant plus grande que les observations des taches devinrent plus précises et plus circonstanciées.

Un premier fait reste toutefois hors de contestation, fait considérable en ce qu'il fournit un rapprochement entre le corps principal du système solaire et les astres secondaires qu'il maintient sous sa domination. Il fut démontré que le Soleil tourne sur lui-même, autour d'un axe invariable. Plus tard, l'analogie dont nous parlons devint plus étroite, quand la discussion d'un grand nombre de mouvements propres d'étoiles permit d'affirmer que le Soleil, outre son mouvement de rotation, possède un mouvement de translation dans l'espace. Toutefois, si nous mentionnons ici le premier de ces mouvements, c'est, on le verra plus tard, parce qu'il peut donner des indications précieuses sur les phénomènes dont la surface de l'astre est le théâtre.

Précisons maintenant les faits, sans nous préoccuper d'abord des hypothèses imaginées pour en rendre compte.

Si l'on examine le Soleil à l'aide d'une lunette ou d'un télescope d'un pouvoir suffisant, il arrive fréquemment que le disque, au lieu d'être lumineux dans toutes ses parties, est parsemé de taches noires ou grisâtres, de dimensions variées et de formes très-irrégulières. Le plus souvent, une même tache est formée d'une partie très-sombre enveloppée d'une teinte grisâtre nettement limitée : c'est à la première de ces deux portions de la tache que les astronomes ont donné le nom de *noyau*, tandis que la seconde a reçu la dénomination assez impropre de *pénombre*[1]. Le noyau est souvent formé de plusieurs fragments séparés, entourés par la même pénombre ; mais le plus ordinairement il y a une certaine similitude de forme entre les contours de celle-ci et le système des noyaux isolés.

Enfin, il arrive quelquefois que des taches noires sont dépourvues de pénombres, et qu'on observe des pénombres sans noyaux.

[1] Ce mot de *pénombre* a été évidemment donné à la partie grisâtre des taches solaires, par analogie avec les contours mal terminés de l'ombre projetée par un objet opaque, quand on l'éclaire au moyen d'un corps lumineux de dimensions appréciables. Or, en pareil cas, la pénombre est d'autant moins sombre qu'elle est plus éloignée de l'ombre proprement dite, tandis que c'est l'inverse qui arrive dans les taches solaires, dont la pénombre est d'autant plus foncée qu'on approche plus de ses contours extérieurs.

Les taches sont affectées d'un mouvement commun qui les entraîne d'occident en orient à la surface du disque solaire. C'est par l'étude des éléments de ce mouvement commun qu'on a reconnu la rotation du globe du Soleil, qu'on en a déterminé le sens, la durée, et qu'on a fixé la position de l'axe, des pôles et de l'équateur. Ces déterminations ont exigé des observations multipliées, parce qu'une même tache variant ordinairement de forme et de position dans l'intervalle d'une rotation, il a fallu tenir compte de son déplacement propre, ou, ce qui revient au même, éliminer ce dernier élément du calcul par le nombre des données. Mais le fait sur lequel nous voulons insister ici, c'est que les taches ne conservent pas sur le corps du Soleil une position invariable ; c'est, en outre, qu'elles se déforment, tantôt augmentant, tantôt diminuant de dimension, et finissant par disparaître tout à fait.

Joignons encore à ces phénomènes, depuis longtemps constatés et sur lesquels tous les astronomes sont d'accord, cette circonstance que les taches ne se montrent pas dans toutes les régions du globe du Soleil, mais se voient le plus souvent dans deux zones voisines de l'équateur et dont les latitudes extrêmes ne dépassent guère le 50e degré.

Nous venons de dire qu'une même tache change de forme dans le cours de son apparition à la surface du disque. Là encore il faut distinguer entre le changement réel qui se manifeste quelquefois à deux ou trois heures d'intervalle, et le changement apparent qui résulte simplement de la perspective, et qui dépend de la position que le mouvement de rotation lui fait occuper à la surface de la sphère solaire. Ces deux genres de variations ont tous deux leur importance par les conséquences qu'on en peut déduire sur la nature des taches.

Sans aller plus loin pour le moment dans la description des taches solaires, voyons si des faits qui précèdent on a pu tirer quelques conclusions certaines.

En premier lieu, il est hors de doute que les taches sont des accidents de la surface même du Soleil, ou, si elles n'appartiennent pas au corps visible de l'astre, elles en sont à une très-faible distance. L'étude géométrique de leurs mouvements de rotation ne permet aucune hésitation à ce sujet. De plus, ce sont des accidents purement temporaires, qui apparaissent et disparaissent sponta-

nément, sans affecter aucune constance dans leur situation sur le disque.

A la vérité, les caractères qui précèdent peuvent s'adapter à des hypothèses très-différentes sur la nature des taches et sur l'état physique du globe solaire: mais ces hypothèses se trouvent réduites néanmoins à un petit nombre; car la mobilité des taches ne s'explique, si l'on admet qu'elles reposent sur la surface même de l'astre, que par la fluidité de cette surface, alors liquide ou gazeuse. Si les taches sont des masses en suspension dans une atmosphère entourant le globe lumineux du Soleil, en un mot des nuages, le globe lui-même peut être supposé solide, liquide ou gazeux. Les hypothèses se réduisent donc à cinq. Mais nous allons voir que les faits permettent encore de rejeter les trois dernières.

En effet, la simple géométrie, ou si l'on veut la perspective démontre sans réplique que les taches ne forment point saillie sur la surface lumineuse du globe solaire ; ce sont évidemment des cavités engendrées par une cause quelconque, dans la matière même qui compose cette surface. C'est là un point d'une importance si capitale, qu'on me permettra d'exposer rapidement les faits qui l'établissent sans contestation possible.

Depuis longtemps les astronomes ont constaté qu'une tache dont le noyau et la pénombre se présentent par exemple sous la forme de deux cercles à peu près concentriques, quand la tache occupe le centre du disque, prend la forme d'un ovale allongé, lorsque la rotation l'entraîne vers le bord oriental de l'astre ; le phénomène est identique, quand la tache fait son apparition sur le bord occidental. Effet très-simple de perspective que tout le monde comprendra. En outre, si la largeur de l'anneau grisâtre constituant dans ce cas la pénombre est la même des deux côtés du noyau, lorsque la tache est dans sa position centrale, à mesure que la rotation l'entraîne vers le bord du disque, cette largeur diminue bien du côté du centre, comme la perspective l'indique, mais de l'autre côté elle augmente ou du moins surpasse de plus en plus la première. Or, si l'ensemble de la tache observée était purement superficielle, ou si elle formait saillie sur le disque, il est clair que c'est un phénomène tout contraire qu'on devrait constater.

A la vérité, M. Kirchhoff a proposé récemment une explication des taches solaires qui permet de concilier l'observation précédente avec l'hypothèse de nuages en suspension au-dessus de la sur-

face du Soleil. Ce savant physicien admet que le noyau est formé par un nuage dense et sombre surmonté lui-même d'un nuage plus étendu de densité moindre et dès lors très-propre à rendre compte des apparences de la pénombre[1]. Dans ce cas, quand une tache s'approche du bord de l'astre, l'épaisseur du nuage supérieur se projette optiquement vers ce bord, tandis que de l'autre côté, il semble se confondre avec le noyau. Cette explication serait très-rationnelle et ne pourrait plus être combattue par des arguments géométriques, si d'autres faits que nous allons indiquer n'en étaient la condamnation formelle. Voici ces faits.

Le premier est dû à Galilée, qui avait d'abord essayé d'assimiler les taches à des masses nuageuses : « Galilée, dit M. Faye dans sa récente *Étude sur la constitution physique du Soleil*, ne tarda pas à reconnaître l'erreur de sa conjecture. » Il s'aperçut en effet que deux taches voisines, séparées par un étroit filet lumineux, restaient séparées jusqu'au bord du disque, tandis que, si elles étaient formées par des protubérances, la plus voisine du centre se projetterait sur l'autre et masquerait bientôt le filet lumineux dont nous parlons. Ce filet diminue bien, mais seulement dans la proportion qu'exigent les lois de la perspective.

Une autre observation du même genre achève de lever les doutes. Toutes les fois qu'une tache s'approche du bord, l'intervalle lumineux qui l'en sépare diminue de plus en plus, mais ne devient jamais nul ; la tache disparaît avant d'avoir atteint complétement le contour du disque. « C'est là, m'écrit M. Chacornac, le cas général de l'observation. » Or, il est clair que le contraire arriverait toujours si les taches étaient des protubérances.

Enfin, citons encore une curieuse expérience imaginée par M. Warren de la Rue, et mentionnée par M. Faye : quand on introduit dans un stéréoscope deux images d'une même tache prises à deux jours d'intervalle, c'est-à-dire dans deux positions propres à assurer l'effet stéréoscopique, l'illusion optique est parfaite et ne permet point de douter que les taches ont la forme de cavités pratiquées dans la matière lumineuse qui constitue la partie visible du disque solaire.

Les faits qui précèdent ont été l'objet d'observations multipliées

[1] Sauf, toutefois, de la teinte plus foncée et du contour tranché de cette pénombre.

que tous les astronomes admettent sans contestation, quelles que soient d'ailleurs leurs vues sur la constitution physique du Soleil; comme les arguments qu'on en tire sont pareillement à l'abri de toute objection, puisqu'ils s'appuient tous sur les lois de la géométrie et de l'optique, ils entraînent de toute nécessité cette conséquence que les taches ne sont ni des protubérances nuageuses ou autres, ni de simples accidents superficiels de l'enveloppe lumineuse, mais bien des cavités réelles entamant dans une certaine épaisseur les couches sous-jacentes de cette enveloppe.

II

État physique de la surface visible de l'astre. — Expériences polariscopiques d'Arago — Expériences d'analyse spectrale de MM. Bunsen, Kirchhoff et Mitscherlich.

Ce point une fois admis, il reste à savoir quelle est la nature physique de la surface lumineuse de l'astre, quel est l'état de ses couches plus profondes, et à quelles causes il est permis d'attribuer les vastes déchirures qui bouleversent si fréquemment les régions équatoriales, sans jamais dépasser les limites d'une zone d'environ 50 degrés de latitude.

En premier lieu, la matière qui compose la surface lumineuse terminale est-elle un liquide incandescent, dont la haute température maintiendrait l'état de fusion? Est-ce une substance semi-fluide ou pâteuse? ou, au contraire, est-elle un gaz en ignition, ainsi que la théorie de Wilson le suppose.

On a cherché d'abord à résoudre ces questions, sans se préoccuper de la nature des taches; et les deux solutions opposées dont nous allons parler reposent toutes deux sur des considérations tirées de l'optique, sur l'analyse de la lumière.

La première en date, et qui fait de la photosphère un fluide gazéiforme à l'état d'incandescence, appartient à Arago. Les expériences de l'illustre secrétaire perpétuel de l'Académie étant connues depuis longtemps, nous ne ferons qu'en rappeler le principe. C'est l'absence de polarisation de la lumière provenant des bords du disque, qui fut pour lui la confirmation décisive de l'état gazeux de la photosphère. « J'ai reconnu, dit-il, que la lumière qui émane, sous un angle suffisamment petit, de la surface d'un corps solide ou d'un corps liquide incandescent, *lors*

même que cette surface n'est pas complétement polie, offre des traces évidentes de polarisation, en sorte que, pénétrant dans la lunette polariscope, elle se décompose en deux faisceaux colorés. La lumière qui émane d'une substance gazeuse enflammée, d'une substance semblable à celle qui éclaire aujourd'hui nos rues, nos magasins, est toujours, au contraire, à l'état naturel, quel qu'ait été son angle d'émission. »

Les expériences d'Arago n'ont pas été jusqu'ici contestées, et il faut avouer qu'elles paraissent décisives en faveur de la nature gazeuse de la surface solaire. Une seule objection, soulevée par J. Herschel, se trouve réfutée par le passage que nous avons souligné dans la citation qui précède. La surface du Soleil étant très-accidentée, les rayons lumineux venant des bords n'émergent pas tous, disait J. Herschel, sous une incidente rasante, et la lumière naturelle qui en provient peut résulter du mélange de rayons polarisés dans tous les sens. Mais les expériences d'Arago ont été faites avec des surfaces *incomplétement* polies, et M. Faye nous apprenait récemment qu'il les a répétées lui-même « avec une boule d'argent mat dont les aspérités n'ont pas empêché la polarisation de se manifester largement vers les bords, et même en des régions beaucoup plus rapprochées du centre. »

La seconde solution du même problème, due à MM. Kirchhoff, Bunsen et Mitscherlich, est en complète contradiction avec celle d'Arago. Selon ces savants, la surface lumineuse du Soleil est formée soit d'une croûte solide, soit de couches liquides, les unes ou les autres à l'état d'incandescence. Nous l'avons dit : les raisons qui militent en faveur de cette hypothèse sont également empruntées à l'optique, sans rien préjuger d'ailleurs sur la nature des taches. Seulement, tandis que c'est sur les phénomènes comparés de la polarisation de la lumière émanée de sources solides, liquides ou gazeuses que s'appuyait Arago, c'est sur des phénomènes d'analyse spectrale que M. Kirchhoff a basé sa nouvelle théorie. Les raies du spectre solaire, dit en substance ce savant, ne peuvent provenir que de l'absorption de certains rayons émanés d'une source lumineuse à spectre continu, à travers un milieu qui contient à l'état de vapeur certaines substances métalliques. Or, il n'y a que les solides ou les liquides incandescents qui donnent un spectre continu, les spectres des vapeurs et des gaz se réduisant à quelques raies lumineuses. Donc, le noyau solaire est liquide ou

solide; il émet, sous l'influence de la haute température de sa masse, des vapeurs métalliques qui se répandent dans l'atmosphère très-dense dont il est entouré. De là, les phénomènes révélés par l'analyse spectrale, de là, les raies noires du spectre solaire qui coïncident si merveilleusement avec les raies brillantes que donnent les différents métaux en dissolution dans une flamme peu lumineuse; de là aussi, cette conséquence inattendue que la composition chimique des corps célestes est désormais chose accessible à la science[1].

Mais, avant de suivre plus loin la nouvelle théorie dans ses conséquences logiques, arrêtons-nous sur cette contradiction capitale entre les expériences polariscopiques d'Arago et les expériences spectrométriques de Kirchhoff et de Mitscherlich[2]. M. Faye, en constatant cette contradiction, remarque bien que les analogies sont rarement complètes entre des expériences de cabinet et les phénomènes célestes les moins accessibles. Nous nous associons volontiers à cette réserve, mais alors il est évident qu'elle atteint à la fois et les expériences de polarisation de la lumière et les expériences d'analyse spectrale appliquées à l'étude de la constitution physique du Soleil, et le doute entre les deux solutions opposées reste, à ce titre, aussi complet qu'auparavant. Et ce doute paraît d'autant plus difficile à dissiper que les observations qui démontrent que les taches sont des cavités pratiquées dans la photosphère lumineuse peuvent s'accommoder, à la rigueur, de l'hypothèse de la liquidité de cette photosphère.

[1] L'espace nous manque pour aborder le vaste champ de recherches que l'analyse spectrale a ouvert aux astronomes, non-seulement en ce qui concerne l'étude chimique du Soleil, mais aussi pour celle des étoiles et des nébuleuses. Les prévisions des savants se réalisent. « Notre puissance n'est plus limitée, disait en 1861 notre collaborateur, M. Dehérain, comme elle l'était hier encore; nous ne sommes plus arrêtés sur notre petite sphère, et nous pouvons étendre nos recherches à travers l'infini. Du moment qu'une étoile, si éloignée qu'elle soit, nous envoie sa lumière, il nous est possible de savoir quels sont les éléments analogues aux nôtres qui se rencontrent dans cet astre et d'avoir une première idée sur sa constitution. » (*Analyse chimique de l'atmosphère du Soleil*, ANNUAIRE SCIENTIFIQUE *pour* 1862. Paris, Charpentier.)

[2] Ce dernier savant a démontré que les substances métalliques volatilisées dans l'atmosphère solaire y existent non point à l'état de combinaisons chimiques, mais bien à l'état purement métallique, ce qui accuse entre ces phénomènes et les phénomènes de dissociation découverts par M. H. Sainte-Claire-Deville une certaine analogie.

Cependant, deux théories seules se trouvent ainsi rester en présence, puisqu'il est impossible, nous l'avons vu, d'admettre que le noyau solaire soit un solide incandescent et que les taches soient des nuages flottant dans une atmosphère extérieure au noyau.

Ainsi débarrassée de ce qu'elle avait d'incompatible avec les observations astronomiques, la théorie de M. Kirchhoff se réduit à supposer que la surface visible du Soleil est un liquide incandescent; la théorie d'Arago oblige à la considérer comme une masse gazeuse aussi à l'état d'incandescence. L'une et l'autre invoquent une expérience d'optique physique à l'appui de leur légitimité. En l'état, et si nous ne pénétrons pas plus avant dans l'étude des phénomènes, la contradiction reste entière et la physique ne nous fournit aucun moyen de la faire disparaître.

Voyons donc si l'étude plus intime des accidents dont le disque solaire est le théâtre serait propre à jeter quelque jour sur la question en litige.

Quand on examine attentivement les parties lumineuses de la surface du Soleil que n'occupent point les taches, on s'aperçoit aisément que ces parties sont loin d'offrir un éclat uniforme. Elles sont comme pointillées d'une multitude de petites taches auxquelles les astronomes ont donné le nom de pores ou de lucules: ces pores sont, suivant J. Herschel, dans un état de changement perpétuel. Rien, dit-il, n'en peut mieux représenter l'aspect qu'un précipité floconneux dans un fluide transparent qu'on regarde d'en haut. Cette image est si fidèle, qu'il est impossible qu'elle ne donne pas l'idée d'un milieu lumineux mêlé, mais non confondu, avec une atmosphère transparente et obscure, soit que la matière qui le compose flotte comme les nuages dans l'air, soit qu'elle se répande en vastes tourbillons et en colonnes de flammes, soit enfin qu'elle ondule comme la lumière des aurores boréales. »

On a comparé aussi les pores aux vagues d'une mer agitée, dont les diverses parties sont plus ou moins lumineuses, suivant leur inclinaison par rapport à notre rayon visuel. Mais ce qu'il est le plus important de constater ici, c'est la mobilité dont parle Herschel, mobilité qui a été mise en doute, il est vrai, par d'autres astronomes tels que Dawes, mais que ce même astronome reconnaît comme évidente dans le voisinage immédiat des taches. En effet,

les masses brillantes dont les intervalles obscurs forment les pores de la surface solaire, prennent tout autour des taches un aspect tout particulier : elles s'allongent dans des directions qui convergent vers le centre de la tache et prennent l'apparence de *feuilles de saule*, de sorte que tout le contour de la pénombre est comme dentelé. Il arrive assez fréquemment que des amas de ces masses brillantes forment, au-dessus du noyau sombre d'une tache, des filets qui la partagent en plusieurs fragments. Ces ponts lumineux (*luminous bridges*, d'après Herschel) se composent d'une multitude de morceaux déchiquetés comme de la paille brisée et entrelacés les uns avec les autres. Eh bien, dans les transformations souvent très-rapides que subissent les taches, ces filaments lumineux sont entraînés dans l'intérieur de l'excavation, de sorte qu'il semble que la matière photosphérique successivement se précipite au fond du gouffre. Un astronome anglais, M. Norman Lockyer, a observé de tels mouvements, se produisant sur une grande échelle dans une belle tache solaire du mois de mai de cette année. Parfois l'écoulement, au lieu d'être uniforme et de rayonner vers le centre du noyau, prend une apparence tourbillonnante, ce qui a lieu surtout dans les taches de forme irrégulière, tandis que le premier phénomène s'observe dans les taches de forme à peu près circulaire.

« Les taches se forment toutes par un effondrement de l'enveloppe resplendissante du Soleil. Ces effondrements ont lieu dans certains cas avec une telle rapidité que l'orifice qui en résulte prend la forme d'un gouffre qui engloutit toute la matière photosphérique circonvoisine, laquelle s'y précipite avec une vitesse de 500 mètres par seconde. » Ainsi s'exprime un observateur qui a longtemps étudié les taches solaires, les lois de leur formation et les phénomènes variés qu'elles présentent. Selon M. Chacornac, il est difficile d'expliquer des mouvements si rapides, dans l'hypothèse d'une masse liquide; tandis que des condensations d'une matière vaporeuse formant la photosphère lumineuse du Soleil en rendent un compte satisfaisant : « Les mouvements rapides, les changements si prompts, dit-il, que nous avons observés sur ce groupe (taches solaires du 20 juillet dernier) comme sur tant d'autres, nous font abondonner l'idée que de pareilles évolutions puissent avoir lieu au sein même d'un liquide ; ce n'est évidemment qu'une masse nuageuse, vaporeuse ou gazeuse qui peut

donner lieu à de pareilles condensations par une diminution soudaine de volume, formation d'un vide relatif et précipitation de nouvelles couches atmosphériques sur la photosphère. »

Ce *sentiment* de l'état gazeux de la photosphère est partagé aujourd'hui par un grand nombre d'astronomes. Au sujet des masses brillantes (feuilles de saule de Nasmyth, grains de riz de M. Stone, brins de paille de M. Dawes) dont nous avons parlé plus haut, et qu'il a observées, dans une tache du 3 août, se dissoudre en courants, le P. Secchi dit dans une publication récente : « Ces amas de lumière ou de feuilles ne contiennent rien de solide, mais toute cette matière doit être dans un état vaporeux, analogue à nos nuages. En cherchant dans les modes de précipitation qui s'observent dans notre atmosphère quelque ressemblance avec ce qu'on voit dans le Soleil, j'ai indiqué autrefois les *cumuli ;* mais je trouve aujourd'hui que certains *cirro-cumuli*, qui se forment surtout dans l'atmosphère, quand elle est très-vaporeuse, qui sont très-petits, très-déchiquetés, souvent parallèles ou convergents et se détachant d'une masse plus épaisse, représentent avec assez de fidélité et de vérité les *feuilles de saule* et les autres granulations du Soleil. »

M. Faye, dont nous allons bientôt analyser la théorie, a donné son adhésion à cette façon d'interpréter les phénomènes solaires ; mais nous verrons qu'il est plus affirmatif encore sur la question de l'état gazeux des couches qui composent le globe du Soleil. Cependant nous ne pouvons nous empêcher de remarquer que les opinions des astronomes observateurs sont beaucoup plus conjecturales que dogmatiques, et c'est pour cela qu'en les signalant, nous avons souligné le mot *sentiment*, comme en indiquant le véritable caractère. C'est dans ce même ordre d'idées que nous rangerons l'opinion d'un des plus illustres d'entre eux, de sir John Herschel, qui ayant examiné les dessins de taches solaires du P. Secchi écrivait le 31 janvier dernier : « Je considère ces amas (les feuilles de saule de Nasmyth) comme doués d'une certaine cohérence qui les rend susceptibles, lorsqu'ils sont entraînés par les courants, d'être étirés en longueur et tantôt agrégés, tantôt séparés, selon la différence de vitesse des courants ou les autres accidents de leur flottaison. Mais pourquoi sont-ils seuls lumineux ? C'est que ce sont des corps solides flottant (à un niveau déterminé par leur densité) dans une matière gazeuse, liquide, ou encore,

intermédiaire entre ces deux états, mais transparents et possédant une immensément haute température. »

On le voit, les idées de J. Herschel diffèrent notablement de celles que nous avons rapportées plus haut ; mais si ce n'est pas l'enveloppe lumineuse elle-même qui est gazeuse, du moins l'illustre astronome paraît-il pencher pour l'hypothèse d'une substance plutôt gazeuse que liquide formant les couches profondes de l'astre.

Quoi qu'il en soit, plusieurs points ressortent nettement, ce nous semble, de l'analyse précédente, et nous allons les résumer avant de passer à l'examen des théories récemment proposées.

L'ancienne hypothèse de Wilson, adoptées par W. Herschel et complétée par Arago, reste debout dans une de ses propositions fondamentales : les taches sont des ouvertures pratiquées dans l'enveloppe lumineuse de l'astre, et les portions plus ou moins sombres appartiennent à des couches plus profondes. Mais l'existence d'une atmophère sous-jacente et d'un noyau solide et obscur paraît abandonnée décidément par les astronomes contemporains.

Quant à l'hypothèse récente, proposée par Kirchhoff, qui fait du Soleil un corps incandescent, solide ou liquide, et des taches autant de nuages sombres flottant dans une atmosphère très-dense, elle est, dans son ensemble, incompatible avec les observations. La seule proposition qui pourrait être à l'abri des objections, c'est celle de la liquidité du noyau solaire, liquidité exigée par des expériences d'analyse spectrale, mais qui se trouve à la fois contredire les résultats de l'analyse polariscopique et rendre difficilement compte des mouvements variés qu'on observe au sein des taches, comme sur les autres points de la surface solaire. Toutefois, jusqu'à présent, la question nous semble rester indécise sur ce point, et si l'hypothèse de la nature gazeuse de la photosphère semble la plus probable, rien ne démontre pour cela qu'elle soit réellement sortie du domaine des conjectures.

III

Théorie nouvelle sur la constitution physique du Soleil, par M. Faye.

M. Faye, dans une série de communications académiques récentes, s'est proposé de coordonner tous les faits acquis à la

science sur cette intéressante question dela constitution physique du Soleil. Il lui a paru qu'il était temps « d'abandonner la voie conjecturale et de chercher, non plus à *deviner* comment les choses doivent se passer à 38 millions de lieues de nous, mais à rattacher l'ensemble des phénomènes à quelques lois générales, de telle sorte que les faits paraissent être de simples déductions logiques de ces lois. »

Ce sont les travaux d'un astronome contemporain, M. Carrington, sur les mouvements en longitude et en latitude des taches solaires, et ceux de MM. Stewart, Secchi et Chacornac sur la disposition des facules, qui paraissent avoir principalement décidé M. Faye « à renoncer aux conjectures — ce sont ses propres expressions — et à tenter enfin la voie de l'explication rationnelle. »

Déjà, antérieurement, les mouvements propres des taches avaient été étudiés : dès 1841, M. Laugier avait fait voir par la discussion des observations de 29 taches, que la valeur de la rotation solaire est variable avec chacune d'elles : mais il restait à trouver la loi de ces variations. M. Carrington s'est consacré à ce labeur. Pendant sept ans et demi, il a suivi sur le disque solaire tous les détails des phénomènes, recueilli 5290 positions complètes des taches, et exécuté un nombre considérable de dessins propres à éclairer la discussion de ces matériaux précieux. Une conséquence importante découle immédiatement de cet immense travail : c'est que la vitesse angulaire de rotation varie avec la latitude d'une manière régulière et continue, de sorte que le mouvement diurne peut se représenter par une formule, sans que les écarts dépassent les limites des erreurs d'observation. Voilà pour les mouvements en longitude.

Quant aux déplacements des taches en latitude, c'est-à-dire dans un sens perpendiculaire au mouvement de rotation, ils sont très-faibles ; leur évaluation dépasse à peine les limites des erreurs d'observation. M. Faye en tire cette conséquence : c'est qu'il n'y a pas sur le Soleil, de ces grands courants qui, sur notre globe transportent des masses d'air des pôles à l'équateur, en rasant la surface solide des continents ou la surface liquide des mers. Et « si les observations, ajoute-t-il, considérées de près dans leurs minimes résidus, témoignent d'un mouvement en latitude appréciable à partir du 15e degré, ce mouvement a lieu de l'équateur

vers les pôles, » c'est-à-dire dans un sens précisément opposé à celui qu'admettaient quelques astronomes.

Ces faits, qui concordent d'ailleurs avec les recherches d'un autre astronome contemporain, M. Spœrer, étant reconnus, puis combinés avec les observations antérieures, M. Faye en déduit une théorie générale, que nous allons essayer de résumer dans ses points essentiels.

Le Soleil, toutes les étoiles qui brillent dans les profondeurs de l'espace, et que, selon les idées généralement adoptées par les astronomes modernes, rien ne distingue de notre Soleil, ont été originairement formés « par la réunion successive de la matière en vastes amas, sous l'empire de l'attraction, de matériaux primitivement disséminés dans l'espace. De là, deux conséquences immédiates : 1° la destruction d'une énorme quantité de force vive, remplacée par un énorme développement de chaleur ; 2° un mouvement de rotation plus ou moins lent pour la masse entière. » Jusqu'ici, comme on voit, c'est l'hypothèse de Laplace, hypothèse très-rationnelle, n'indiquant d'ailleurs rien de particulier sur la constitution actuelle de notre étoile centrale. Mais continuons.

Une telle masse gazeuse homogène, dont la chaleur interne dépasse de beaucoup la température où les actions chimiques commencent à s'exercer, ayant un pouvoir émissif très-faible, puisque ses radiations doivent être toutes superficielles, et une conductibilité pareillement très-peu intense, l'équilibre de la masse entière ne subira que de lentes modifications. « A moins de circonstances nouvelles, on ne voit pas comment cette masse pourrait émettre cette énorme quantité de chaleur qui ne semble subir aucun affaiblissement dans le cours des siècles. » Pour résoudre cette difficulté, M. Faye fait observer que les mesures de l'intensité de la radiation solaire prouvent que la température de la surface de l'astre est loin d'être aussi élevée que la température interne qu'il assigne aux couches profondes. Dès lors l'action des forces moléculaires et atomiques, nulle à l'intérieur, peut fort bien reparaître à la surface. D'où des précipitations, des nuages de particules non gazeuses, susceptibles d'incandescence. « Bientôt ces particules, sollicitées par la gravité, gagneront en tombant les couches inférieures, où elles finiront par retrouver la température de dissociation et seront remplacées, dans les couches superficielles, par des masses gazeuses ascendantes, qui viendront y subir le même

sort[1]. L'équilibre général sera donc ainsi troublé dans le sens vertical seulement, par un échange incessant de l'intérieur à la superficie qui eût été impossible dans la phase précédente, et, comme la masse interne ainsi mise en rapport avec l'extérieur est énorme, on conçoit que l'émission superficielle puisant incessamment dans le vaste réservoir de la chaleur centrale constitue une phase de très-longue durée et d'une grande constance. »

L'existence de la photosphère se trouve de la sorte expliquée, et l'on voit à l'instant que les taches sont dues aux courants verticaux ascendants et descendants, puisque là où les premiers de ces courants auront une intensité prédominante, la matière lumineuse de la photosphère se trouvera momentanément dissipée. « A travers cette sorte d'éclaircie, ce n'est pas le noyau solide, froid et noir du Soleil que l'on apercevra, mais la masse gazeuse, ambiante et interne, dont le pouvoir émissif, à la température de la plus vive incandescence, est tellement faible, par rapport à celui des nuages lumineux de particules non gazeuses, que la différence de ces pouvoirs suffit à expliquer le contraste si frappant des deux teintes observées avec nos verres obscurcissants. »

On sera frappé sans doute de la conformité de vues existant entre l'astronome francais et sir J. Herschel, dont nous avons plus haut cité un passage à propos des feuilles de saule. Cette coïncidence est d'autant plus remarquable que le Mémoire de M. Faye était lu à l'Académie le 23 janvier 1865, et que la lettre d'Herschel est datée du 31 du même mois, et qu'il est probable que chacun de ces savants émettait sa propre opinion sans connaître celle de son confrère.

M. Faye fait voir ensuite que la loi déduite des observations de M. Carrington, loi d'après laquelle les différentes zones de la photosphère subissent, dans la durée de leur rotation, des retards qui sont à peu près proportionnels aux carrés de leur latitude, est une conséquence de la rupture d'équilibre produite par les courants.

[1] L'idée d'appliquer les belles recherches de M. Henri Sainte-Claire Deville, sur le phénomène si intéressant auquel ce savant a donné le nom de *dissociation*, à l'étude de l'état physique des couches du soleil, a été émise pour la première fois, que nous sachions, par notre ami et collaborateur, M. P. P. Dehérain, qui a nettement indiqué cette idée dans l'article qu'il a consacré à la constitution du Soleil. (Voyez l'*Annuaire scientifique pour* 1864.)

Enfin, il cherche à montrer que les expériences d'Arago sur la non-polarisation de la lumière sortie des bords, et celle de Kirchhoff sur les raies du spectre, ne sont peut-être pas contradictoires. Arago parlait d'un gaz analogue au gaz d'éclairage, où les particules solides incandescentes produisent l'éclat lumineux, non de la flamme obscure d'un gaz simple. Et, d'autre part, les savants qui ont conclu des expériences de Kirchhoff à la liquidité de la photosphère « n'ont peut-être pas pris garde que des molécules incandescentes, diffusées dans un milieu gazeux porté lui-même à une haute température, donneraient un spectre continu, à l'exception des raies noires dues à l'absorption de ce milieu. » Faisons toutes nos réserves sur ce point délicat, et disons que là, au moins, M. Faye sort du terrain solide où il a voulu tout d'abord se placer, pour rentrer quelque peu dans le domaine des conjectures. Mais reconnaissons en même temps que les idées émises par lui en cette occasion auront sans doute le mérite de susciter des expériences nouvelles de nature à éclaircir les obscurités dont elles nous paraissent encore enveloppées.

La théorie que nous venons d'esquisser rapidement dans son ensemble, laisse de côté un grand nombre de faits de détail dont il serait sans doute très-intéressant d'étudier la connexion avec les principes. Les détails, on l'a dit bien des fois, sont la pierre de touche des théories. Mais les faits dont nous parlons sont si nombreux qu'il y a, dans une semblable étude, matière à de longues, laborieuses et minutieuses recherches, dont les astronomes observateurs nous paraissent les seuls vraiment capables. Il faut être de longue date familiarisé avec des phénomènes aussi variés pour en trouver les lois, pour les classer selon leur ordre d'origine, de succession, pour déterminer leur influence réciproque. Il est probable qu'avant de passer au nombre des théories incontestées, l'hypothèse de M. Faye soulèvera, de la part des hommes compétents, des objections de plus d'une sorte. Ils demanderont comment la nature entièrement gazeuse du noyau solaire peut se concilier avec une densité moyenne dépassant une fois et demie la densité de l'eau, et qui va croissant avec la profondeur; ils voudront savoir pourquoi les taches sont confinées dans certaines régions du globe solaire, tandis que les agitations donnant naissance aux pores embrassent le disque entier d'un pôle à l'autre, quelle est la cause des pénombres, des formes variées des

taches, de l'absorption si fréquente des petites taches par les grandes.

C'est seulement quand toutes ces questions, et bien d'autres, auront reçu une solution satisfaisante, qu'on pourra se prononcer en parfaite connaissance de cause sur la théorie de M. Faye. En attendant, la discussion à laquelle s'est livré le savant astronome a déjà purgé la science d'un certain nombre d'idées erronées qui risquaient de compliquer encore le problème, et d'éloigner le moment où la constitution physique du Soleil nous sera entièrement dévoilée.

Amédée Guillemin.

PHYSIQUE

I

TIMBRE DES SONS MUSICAUX ET THÉORIE SCIENTIFIQUE DE LA MUSIQUE

D'APRÈS LES RECHERCHES D'HELMHOLTZ[1]

Le timbre est cette qualité particulière des sons qui fait que l'oreille distingue l'un de l'autre deux sons de même hauteur musicale, de même intensité, émis par deux instruments différents. Sans avoir en musique des connaissances spéciales, on sait que les cordes métalliques donnent des sons pleins, que les cordes à boyaux les donnent grêles et peu soutenus, que les notes des instruments de cuivre ont une grande sonorité et semblent sortir en pétillant. La science a depuis assez longtemps reconnu une partie des causes de ces différences de timbre; mais les physiciens avaient, jusqu'à ces dernières années, négligé d'en approfondir l'étude. On supposait bien que le timbre particulier des divers instruments tenait à certains sons accessoires qui accompagnent presque toujours le son principal; mais la nature de ces sons était restée inconnue.

Aujourd'hui les travaux de M. Helmholtz, l'habile physiologiste d'Heidelberg, en nous faisant mieux connaître la nature intime des sons musicaux, permettent de faire comprendre à quoi tient le timbre des divers instruments de musique et même de la voix humaine.

C'est une analyse des recherches du savant physicien allemand

[1] Die Lehere von den Tonenfindungen als physiologische Grundlage fur theorie der Musik — Brunswick, chez Vieweg.

que nous allons essayer de présenter ici, après avoir rappelé en peu de mots quelques notions d'acoustique indispensables à l'entente de ces travaux.

I

GÉNÉRALITÉS SUR LES MOUVEMENTS VIBRATOIRES ET LEURS RAPPORTS AVEC LES SONS.

Tout corps qui résonne est en vibration, c'est-à-dire que ses diverses parties infiniment petites, ses molécules, écartées une première fois de leur position d'équilibre, y sont ramenées par les forces moléculaires, la dépassent en vertu de la vitesse acquise, tendent à y revenir de nouveau et ainsi de suite pendant un temps plus ou moins long; ces mouvements très-rapides, analogues à ceux d'un pendule de part et d'autre de la verticale, ont reçu le nom de *vibrations*. Leur connaissance remonte à de longues années. Pour se convaincre de leur réalité, il suffit, soit de chercher à éteindre avec les doigts le son d'un diapason, soit de regarder au-dessus d'un carton noirci la corde blanche d'un violon attaquée avec l'archet; dans le premier cas, les chocs reçus dans les doigts, dans le second, la dilatation apparente de l'image, sont des preuves certaines du mouvement des branches du diapason ou des oscillations de la corde.

Ces observations et d'autres encore, inutiles à rappeler ici car elles sont dans le domaine vulgaire, prouvent que tout corps sonore est en vibration.

L'étude attentive de ces vibrations doit fournir l'explication des diverses qualités des sons musicaux. La *hauteur*, l'*intensité*, le *timbre* doivent résulter des circonstances particulières offertes par ces mouvements.

Les expériences les plus simples montrent que la hauteur musicale des sons, leur rang dans l'échelle de la gamme, dépend de la rapidité des vibrations. Le son rendu par un corps sonore s'élève à mesure qu'augmente le nombre des oscillations effectuées dans un temps donné et que leur durée diminue. En d'autres termes, la hauteur d'un son a pour mesure le nombre de vibrations exécutées par le corps sonore dans l'unité de temps.

Pour des sons de même hauteur l'intensité est en rapport avec

l'amplitude des vibrations; si cette amplitude est petite, le son est faible; si elle est grande, le son est intense. La force du son croît avec la grandeur des chemins parcourus par les corps sonores de part et d'autre de leur position moyenne.

Le timbre ne dépend ni de l'amplitude, ni de la rapidité des vibrations, son origine semble donc au premier abord inexplicable; mais les vibrations d'un corps sonore ne sont qu'incomplétement définies par la connaissance de l'amplitude et de la rapidité des oscillations de chacun de ses points. Soit en effet A et B les limites de l'excursion d'une de ses molécules et supposons la distance AB parcourue en un centième de seconde, le mouvement de cette molécule ne sera pas pour cela déterminé, car on peut imaginer une multitude de mobiles, animés de mouvements différents, qui, partis du point A en même temps que cette molécule, arrivent au point B en même temps qu'elle, après l'avoir, soit devancée, soit suivie dans une certaine portion du parcours AB.

On peut, par exemple, concevoir un premier mobile allant de A en B avec une vitesse constante, un second parcourant cette distance d'un mouvement uniformément accéléré....

En un mot, pour déterminer d'une manière complète le mouvement du corps vibrant, il faut connaître avec l'amplitude et la durée des vibrations la relation qui lie le temps écoulé depuis son départ du point A avec sa distance à cette dernière position.

Ces considérations sont rendues évidentes par une expérience très-simple dont l'idée première est due à Melde.

L'appareil se compose d'une tige métallique flexible formée de deux lames A et B de longueur double l'une de l'autre et d'épaisseur inégale. La portion la plus faible B est terminée par une boule d'acier poli; la partie A est fixée dans une masse solide. Avec un peu d'habitude, en saisissant la tige vers le point de soudure, on arrive à la faire osciller dans son entier. Le mouvement de la sphère terminale est alors parfaitement régulier et tout à fait analogue à celui d'un pendule. Mais si, avant de faire osciller la tige A, on a pris soin de mettre en mouvement la tige B, la boule d'acier qui surmonte le système prend un mouvement complexe, saccadé, résultant de la combinaison des oscillations simultanées des deux tiges de l'appareil. Cependant, ainsi que l'expérience le montre, ni l'amplitude totale, ni la durée des oscillations n'ont changé; les dimensions des deux portions du système ayant été calculées de

manière que la partie A exécute quatre vibrations complètes pendant que la partie B en fait une seule.

Il est donc possible de réaliser des mouvements vibratoires de même amplitude, de même période et de caractères différents. Des sons de même intensité, de hauteur musicale identique, peuvent donc correspondre à des vibrations de natures diverses.

Le caractère particulier des vibrations de chaque corps sonore peut facilement être mis en évidence en les forçant à écrire eux-mêmes toutes les circonstances de leurs mouvements. Pour cela, il suffit de fixer sur la masse vibrante une pointe métallique flexible et de déplacer d'un mouvement uniforme une plaque de verre ou de porcelaine enduite de noir de fumée et maintenue par une légère pression au contact de ce style. La pointe métallique dessine sur cette surface une ligne sinueuse qui retrace toutes les particularités des vibrations de l'instrument considéré. Dans cette courbe, les abscisses comptées parallèlement à la direction du mouvement de la lame de verre sont proportionnelles au temps; les ordonnées indiquent à quelle distance de sa position moyenne se trouvait alors le point vibrant.

Cette autographie des sons s'applique facilement à l'étude des vibrations des diapasons ou des cordes. Les courbes obtenues sont caractéristiques du mouvement vibratoire de l'appareil qui les a tracées; on doit les considérer comme une traduction géométrique de la relation qui lie la position de la molécule vibrante au temps écoulé depuis l'origine de son mouvement. Ces tracés offrent, en général, une grande sinuosité dentelée de sinuosités plus petites.

II

LE TIMBRE DES SONS EST DU A LA COMBINAISON DU SON FONDAMENTAL ET DE QUELQUES-UNS DE SES HARMONIQUES.

L'étude, même attentive, d'une de ces courbes vibratoires, ne ferait connaître aucun fait nouveau. Tout au plus prouverait-elle que le son rendu par un corps vibrant n'est pas unique, qu'il se compose du son fondamental et d'une série d'harmoniques. Mais si on vient à tracer sur une même plaque les courbes caractéristiques des sons rendus par une corde métallique, une corde de

boyau, un diapason vibrants à l'unisson, on reconnaît que ces diverses courbes offrent des sinuosités de même longueur, mais diffèrent par le nombre et la forme de leurs dentelures. Les sons de ces trois corps étaient de hauteur égale, mais n'avaient pas le même timbre : on est donc fondé à conclure que les différences de timbre sont en rapport avec les dentelures des courbes caractéristiques; qu'elles tiennent à ces vibrations accessoires qui s'ajoutent à la vibration fondamentale.

Cette remarque est d'une importance capitale.

Dans le cas de l'expérience de Melde, le mouvement saccadé, irrégulier de la boule terminale résulte évidemment de la combinaison des mouvements vibratoires des deux tiges ; les oscillations de ces dernières s'effectuent d'ailleurs d'après une loi simple, analogue à la loi des oscillations du pendule. Nous avons donc dans cet appareil un exemple d'un mouvement complexe obtenu par la superposition de deux mouvements pendulaires. Ce fait est une conséquence d'un théorème général d'analyse mathématique. Fourier a en effet démontré qu'en combinant entre eux, suivant les lois de la mécanique, un nombre convenable de mouvements vibratoires simples, pareils à ceux qu'accomplit l'extrémité d'un pendule dans ses petites oscillations, on peut toujours arriver à reproduire toutes les circonstances d'un mouvement vibratoire quelque complexe qu'il soit. En d'autres termes, si l'extrémité d'un pendule est le point d'attache d'un second de longueur différente, l'extrémité de ce dernier le point où est fixé un troisième,.... on peut, en disposant convenablement des longueurs des pendules, de la grandeur des oscillations, de l'instant où ils passent à la verticale, donner à l'extrémité du dernier un mouvement identique à tel mouvement vibratoire qu'on a en vue. Cette décomposition d'un mouvement oscillatoire complexe en oscillations pendulaires n'est possible que d'une seule manière.

Ohm ayant montré que les vibrations pendulaires, c'est-à-dire celles pour lesquelles le mouvement s'accélère ou se ralentit périodiquement avec la même régularité que celui d'un pendule, produisent une note simple [1] dépourvue d'harmoniques, nous pou-

[1] Les oscillations des branches d'un diapason sont déterminées par l'élasticité du métal qui a servi à les construire; elles s'effectuent suivant une loi pendulaire. L'expérience prouve en effet que le son des diapasons est un son

vons donc dire que les sons qui répondent à des vibrations complexes résultent de la combinaison d'un certain nombre de sons simples. La définition la plus claire qu'on pourra en donner consistera à faire connaître les périodes, les intensités relatives, les phases des divers sons élémentaires dont il est formé.

Qui ne voit maintenant que la différence de timbre de deux notes de même hauteur doit résulter de ce que ces deux sons renferment des sons élémentaires accessoires, d'intensité et de période différentes.

L'étude du timbre des sons revient donc à leur analyse; le mot *analyse* étant pris dans le sens que lui donnent les chimistes. A cette analyse correspond une synthèse. La composition élémentaire d'un son étant connue, on doit pouvoir le reproduire par la combinaison de ses divers éléments.

III

ANALYSE DES SONS PRODUITS PAR LA VOIX HUMAINE OU LES INSTRUMENTS DE MUSIQUE.

L'étude analytique des sons est fondée sur le phénomène de la résonnance.

Tout le monde sait que, si on adjoint à un diapason une caisse de dimensions convenables, on renforce d'une manière très-notable le son qui était d'abord très-faible. Les musiciens n'ignorent pas non plus que si au devant d'un piano dont les étouffoirs sont levés, on fait entendre un son de hauteur égale à celui d'une des cordes, cette corde se met elle-même à vibrer. Deux violons, parfaitement accordés l'un sur l'autre, s'influencent à distance. Ce principe est général. Tout corps sonore se met en vibration, si on fait entendre dans son voisinage une note de hauteur égale à celle qu'il peut donner, et il ne résonne que sous l'influence de sons de cette hauteur. Si donc on possède une série nombreuse de corps sonores capables de faire entendre des sons de hauteur musicale déterminée et croissante, et que dans le voisinage de cet appareil on produise un son multiple, quelques-uns des résonna-

simple, ou du moins un son dans lequel les harmoniques supérieurs n'ont qu'une très-faible intensité et s'éteignent bientôt.

teurs se mettront à vibrer et on aura ainsi la preuve que les notes qui leur correspondent existent dans le son à analyser.

Au point de vue théorique les résonnateurs peuvent avoir toutes les formes imaginables; mais dans la pratique, les plus convenables, soit à cause de la facilité de leur construction, soit par la façon dont ils s'accordent, sont les tuyaux sonores, c'est-à-dire des masses d'air contenues dans des caisses solides, carrées ou sphériques [1]. Les résonnateurs employés par M. Helmholtz dans le cours de ses recherches sont construits en métal; leur forme est celle d'une sphère percée aux deux extrémités d'un de ses diamètres, d'ouvertures circulaires inégales. La plus grande a son bord taillé en biseau : à la seconde est ajouté un tube conique susceptible d'être introduit dans l'oreille à la façon d'un cornet acoustique et qui permet d'entendre la plus faible vibration de l'air enfermé dans l'appareil. La figure ci-jointe représente un

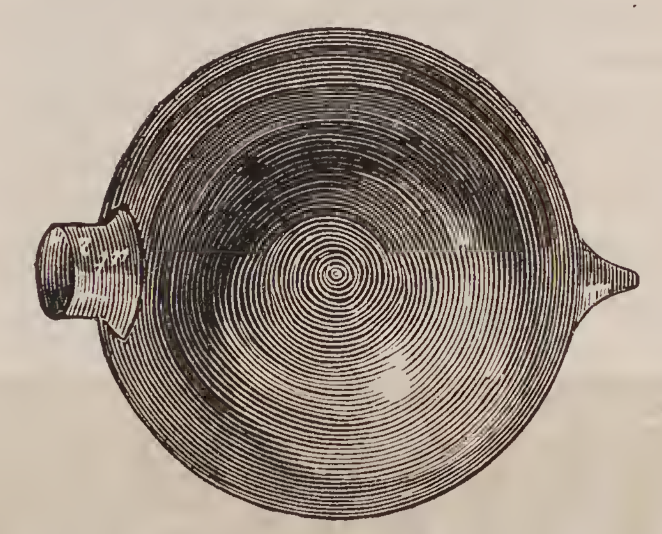


Fig. 1.

de ces résonnateurs. Ils s'accordent en les faisant parler sous l'influence d'un courant d'air issu d'une embouchure aplatie et dirigé sur leur biseau. La hauteur de la note qu'ils rendent varie avec leur volume et aussi avec les dimensions de l'ouverture; c'est en variant la grandeur de cette dernière qu'on abaisse ou qu'on élève d'une petite quantité le son qui leur est propre.

[1] Les corps de masse considérable ne sont pas aptes à recevoir les vibrations par communications; les corps minces et légers, cordes, membranes, masses d'air, répondent aisément aux impulsions qui leur sont transmises. On sait qu'une personne douée d'une voix très-forte et très-juste peut briser un verre en y faisant résonner la note qui correspond à ses vibrations.

L'analyse d'un son musical quelconque, par les résonnateurs et l'oreille, est une opération assez longue et toujours très-délicate, puisqu'il faut soutenir ce son pendant tout le temps nécessaire pour placer successivement le conduit auditif de chaque appareil dans l'oreille externe; mais on peut rendre cette opération plus rapide et la montrer à tout un auditoire par le procédé suivant.

L'orifice auditif du résonnateur est fermé par une mince membrane de baudruche qui forme en même temps une des parois d'une conduite de gaz. Si l'air enfermé dans ce résonnateur est en repos, la baudruche demeure immobile, le gaz s'écoule d'une manière régulière et continue vers le bec où il brûle; mais le tuyau sphérique vient-il à parler, la membrane qui ferme l'orifice auditif se met à osciller, rétrécit et élargit successivement la conduite gazeuse, en même temps elle pousse alternativement le gaz vers le bec, et il en résulte dans la flamme des allongements et des raccourcissements successifs qui deviennent très-visibles en l'examinant dans un miroir plan tournant assez rapidement pour séparer les images allongées et courtes de la flamme gazeuse. Si le résonnateur est muet, la flamme offre l'aspect d'un trait de feu; s'il parle, elle présente une apparence dentelée analogue à celle figurée dans le bois suivant.

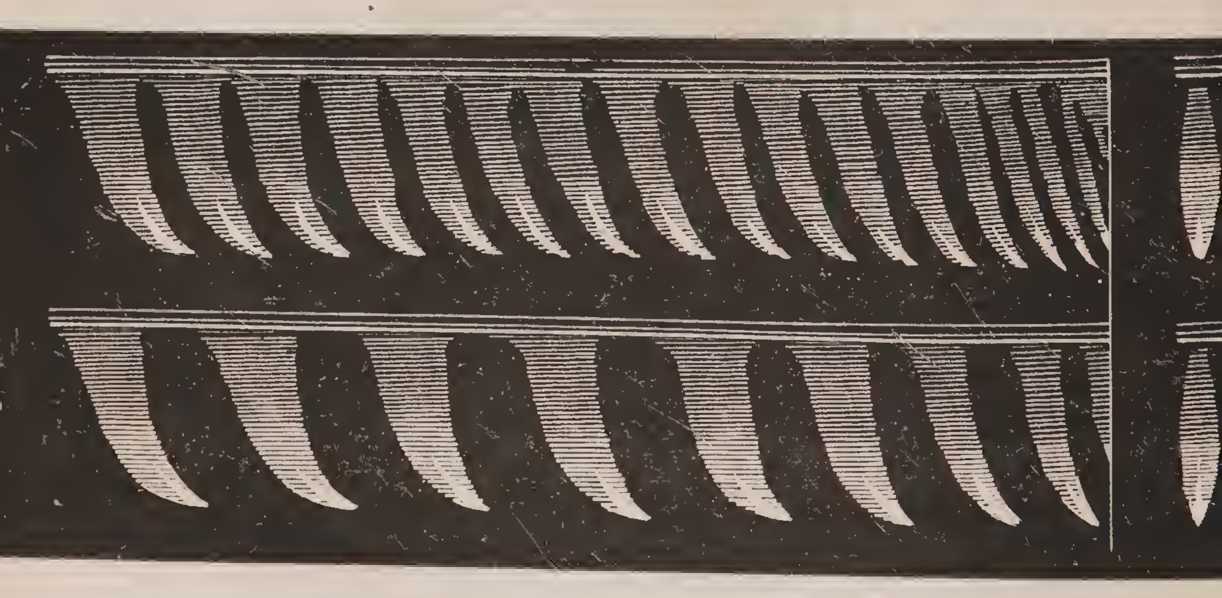


Fig. 2.

Il semble, au premier abord, que ce procédé de démonstration de la vibration des masses d'air ne doit pas avoir une grande sen-

sibilité. Il n'en est rien et l'expérience montre que chaque fois que l'analyse directe a constaté la vibration de l'air d'un résonnateur, la flamme placée sous sa dépendance s'est mise à osciller. La méthode ne laisse donc rien à désirer.

La figure ci-jointe représente un appareil d'analyse des sons construit d'après les principes précédents par M. Kœnig. Les résonnateurs y sont au nombre de huit. Le plus gros donne le son

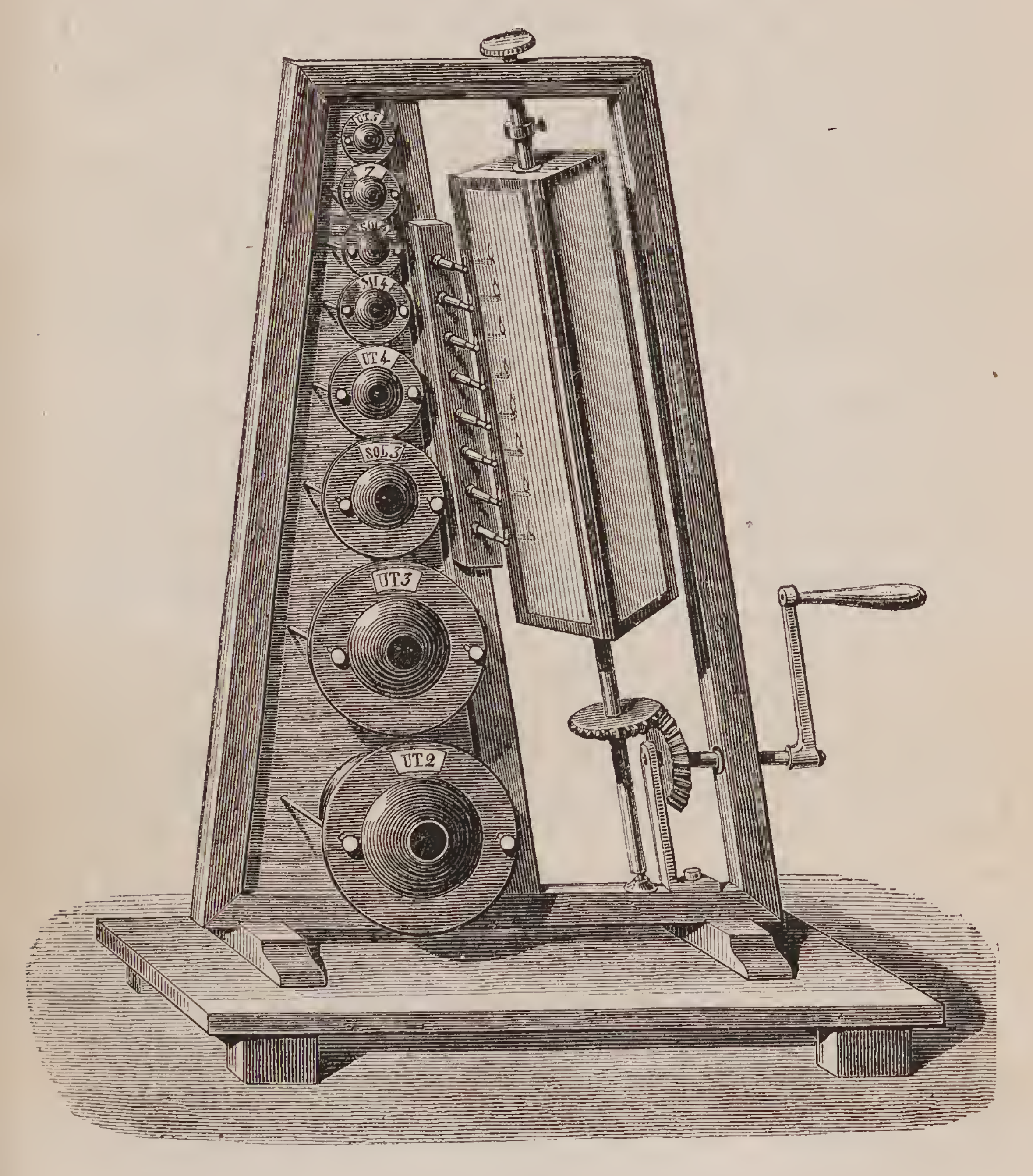


Fig. 3.

fondamental et les sept autres ses premiers sons harmoniques. Les notes qui conviennent à chacun d'eux sont donc ut_2 ut_3 sol_3 ut_4

mi_4 sol_4 ut_5 $ré_5$ mi_5 [1]; c'est-à-dire la tonique, son octave, le sol de la seconde octave, l'ut de la quatrième, etc., le nombre des vibrations des diverses notes étant successivement le double, le triple du nombre qui répond au son fondamental. Chaque résonnateur communique par un tube de caoutchouc avec une petite cavité qui forme une capsule manométrique. Les becs de gaz de ces capsules sont placés l'un au-dessus de l'autre, sur une ligne inclinée. Le système réfléchissant est composé de quatre miroirs plans disposés de manière à former un prisme rectangulaire. Le mouvement de rotation leur est donné à la main par l'intermédiaire de deux roues d'angle.

Lorsque l'appareil est dans un air calme, toutes les flammes sont immobiles et les miroirs tournants les font paraître sous forme linéaire; mais si l'un des résonnateurs vient à vibrer sous l'influence d'un son de hanteur égale à celle de la note qui lui est propre, la flamme correspondante donne l'apparence d'une ligne sinueuse.

Le système précédent peut, à juste titre, être comparé à une boîte de réactifs dont chaque flacon, ici chaque résonnateur, contiendrait une substance capable de découvrir au milieu d'un mélange complexe chaque élément simple. A la sensibilité de ce procédé d'analyse, il n'y a d'autre limite que le nombre des résonnateurs réunis dans l'appareil.

Ainsi que cela arrive toujours, lorsqu'une méthode expérimentale nouvelle s'introduit dans la science, des résultats nombreux et intéressants ont bientôt été obtenus. On a reconnu que la plupart des sons réputés comme simples étaient en réalité complexes; partout on a eu la preuve de la coexistence, dans un corps sonore, des vibrations qui répondent au son fondamental et à un certain nombre de ses harmoniques; dans chaque cas, on a pu déterminer la hauteur et l'intensité de ces divers sons.

Les sons rendus par un tuyau ouvert se composent du son fondamental et de tous les harmoniques supérieurs; ceux des tuyaux fermés renferment seulement les harmoniques impairs. Telle est donc la cause de la différence de timbre de ces deux instruments.

[1] Suivant une notation aujourd'hui généralement admise nous désignons par ut_1 $ré_1$ les notes ut, ré de l'octave du son fondamental; par ut_2 $ré_2$ $si^{\flat}_2$ les notes ut, ré, si bémol de la seconde octave, etc.

La nature particulière des sons produits par les cordes tient à la présence des harmoniques supérieurs; mais le nombre, l'intensité relative de ces divers sons, varient avec la nature de la corde, avec la manière et même avec le point où elle est attaquée. C'est ainsi que les sons de la harpe, dans laquelle la corde est pincée avec les doigts, sont différents de la cithare où, pour exciter les vibrations, on fait usage d'un crochet métallique, et de ceux du violon dans lequel la corde est mise en mouvement à l'aide de l'archet dont l'action est assimilable à celle d'une série de chocs. Le timbre du piano doit sa nature spéciale à ce que la corde est frappée à l'aide d'un marteau qui ne reste en contact avec elle que pendant un temps très-court; dans ce dernier instrument la pratique a d'ailleurs indiqué que le marteau devait frapper la corde au neuvième de sa longueur; et la théorie, ainsi que l'analyse, fait voir que l'on supprime ainsi le septième et le neuvième harmonique qui sont dissonnants avec le son fondamental.

Dans le violon, le plus admirable et le plus sympathique de nos instruments de musique, les cordes animées d'un mouvement vibratoire uniforme produisent la série entière des harmoniques supérieurs et l'intensité de ces sons décroît comme le carré de leur ordre : l'octave est quatre fois plus faible que le son fondamental; la douzième neuf fois; la double octave seize fois. Le son du violon est d'ailleurs légèrement modifié par la résonnance de l'air renfermé dans la caisse; le bruissement de l'archet n'est pas non plus étranger à son caractère particulier.

Dans les tuyaux à bouche, flûte, orgue, le son est dû au renforcement, par la masse d'air comprise dans leur intérieur, de quelques uns des sons produits par la lame d'air qui vient se briser sur l'embouchure.

Les instruments à anche, battante ou libre, doivent encore au tuyau le renforcement de certains sons produits par le passage intermittent de l'air et par suite leur timbre particulier. — L'anche agit à la manière du plateau supérieur de la sirène pour fermer et ouvrir le passage de l'air, et il est peu probable que le son qui lui est propre soit au nombre de ceux renforcés par le tuyau sonore.

M. Helmholtz a successivement étudié la composition et le mode de production des sons émis par la plupart des instruments de musique. Nous ne pouvons reproduire ici tous les résultats

auxquels il est parvenu; mais nous engageons vivement ceux de nos lecteurs qui sont musiciens à lire le chapitre consacré par lui à l'étude des instruments.

Les conséquences générales de ses travaux peuvent se résumer ainsi.

La plupart des sons considérés comme simples sont complexes, et eu égard à cette complexité on peut les classer dans l'une des trois catégories suivantes :

1° Les sons dans lesquels l'analyse ne distingue qu'un très petit nombre de sons élémentaires, en général discernables pour une oreille exercée. Tel sont les sons des tuyaux ouverts ou fermés.

2° Les sons formés d'un grand nombre de vibrations élémentaires sans rapport simple les unes avec les autres. A cette catégorie appartiennent les bruits; ils n'ont en général aucun caractère musical et à peine peut-on dire qu'un bruit est plus aigu qu'un autre.

3° Ceux enfin composés de plusieurs sons, harmoniques du plus grave d'entre eux, qui appelé son fondamental, donne la hauteur musicale de la note; dans ce cas l'oreille n'entend guère qu'un son unique caractérisé par un timbre spécial. La plupart des sons rendus par les instruments de musique rentrent dans ce groupe; ils doivent à la combinaison, en proportion variable, de la note fondamentale et de ses sept ou huit premiers harmoniques (les suivants ont une intensité si faible qu'il est permis de les négliger), de produire sur l'oreille une variété presque infinie de sensations.

L'intérêt déjà si grand des études de M. Helmholtz s'accroît encore par l'application de ces mêmes méthodes de recherche à l'analyse de la voix humaine.

Les sons émis par les cordes vocales du larynx sont comparables à ceux d'une anche; leur nombre et très-grand, mais quelques uns d'entre eux seulement sont renforcés par l'air renfermé dans la cavité bucale, et de là dépend le timbre particulier de la voix de chacun de nous et celui des diverses voyelles. De la tension des cordes vocales, de la forme du larynx résulte la hauteur musicale des sons; la forme, la grandeur de la bouche interviennent pour mettre en relief un harmonique déterminé et modifier ainsi la note musicale, en lui donnant le timbre des

diverses voyelles. Pour prononcer un *o* il faut renforcer le si$\flat_3$ du son fondamental[1].

Les résonnateurs employés pour analyser les notes produites par les instruments de musique peuvent servir à l'étude des sons correspondants aux voyelles, et en chantant devant l'appareil à flammes manométriques que nous avons déjà décrit un A un O... sur une note de hauteur égale à celle du résonnateur le plus grave, on reconnaît à l'aide des sinuositées présentées par les images des flammes gazeuses que le son de la voyelle n'est pas unique. Avec la voix A on en verrait vibrer outre la flamme du son fondamental celles qui dépendent du premier, du troisième, du quatrième, et surtout du sixième et du septième harmonique. Les autres voyelles donneraient des résultats analogues.

Toutefois c'est par un procédé un peu plus simple que l'analyse des voyelles a été faite pour la première fois. M. Helmholtz faisait usage d'une série de diapasons qu'il présentait successivement devant la bouche après avoir disposé les lèvres et les joues pour chanter, sur une note déterminée, la voyelle dont il voulait étudier le timbre. Le son d'un certain nombre de diapasons se trouvait renforcé, et il en concluait que la note de ces diapasons était une de celles qui concourent à la formation de la voyelle. Les résultats varient peu avec la hauteur absolue de la note sur laquelle on chante ; il y a donc pour chaque voyelle un son spécifique, un son propre, qui la caractérise et peut en quelque sorte servir à définir le timbre qui lui est particulier : Le son propre de l'

	ou (u allemand) est	fa$_2$		
	o	si$\flat_3$		
	a	si$\flat_4$		
ceux	ai (ä allemand) sont	re$_5$	et	sol$_5$
	e	fa$_3$		si$\flat_5$
	i	fa$_2$		re$_6$
	eu (ö allemand)	fa$_3$		ut$_5$
	u (ü allemand)	fa$_2$		sol$_5$

[1] Dans toutes ses recherches M. Helmholtz a fait usage d'une série de diapasons dont le plus grave donnait le si$\flat_1$ de 120 vibrations doubles, calculé sur le la$_3$ de 440 vibrations doubles. Nous avons jugé convenable de conserver toutes les notations du savant physicien d'Heidelberg.

Ces notes spécifiques qui sont, avons-nous dit, indépendantes du ton dans lequel la voyelle se trouve chantée, changent au contraire avec l'idiome ou l'accent de l'expérimentateur. Les résultats précédents se rapportent à l'accent du nord de l'Allemagne. — Nous ne connaissons pas les résultats pour les voyelles prononcées avec l'accent français.

IV

SYNTHÈSE DES SONS.

Les résultats obtenus par les méthodes d'analyse dont nous avons essayé d'indiquer le principe, peuvent être vérifiés par des expériences de synthèse.

L'appareil employé par M. Helmhotlz dans cette seconde étude se compose d'une série de dix diapasons, donnant un son fondamental de 112 vibrations par seconde et ses 9 premiers harmoniques. Les notes correspondantes avaient été nommées $si\flat_1$, $si\flat_2$, fa_3, $si\flat_3$, re_4, fa_4, $la\flat_4$, $si\flat_4$, re_5, fa_5. Les diapasons sont fixés verticalement entre les branches de dix électro-aimants horizontaux que traverse un courant intermittent.

Les intermittences au nombre de 112 par seconde sont produites par un diapason interrupteur semblable au plus grave de la série, et dont les branches portent des pointes de platine qui à chaque vibration viennent plonger dans un godet plein de mercure : toutes les fois que les pointes touchent le mercure le circuit électrique se trouve fermé et les électro-aimants, animés par le courant de la pile, attirent à eux les branches du diapason interrupteur; les pointes de platine émergent alors, et le courant à peine établi s'interrompt. L'attraction cesse et les pointes viennent de nouveau en contact avec le mercure. Le même jeu se reproduit indéfiniment.

Lorsque le courant électrique traverse l'interrupteur il passe aussi dans les électro-aimants placés, comme l'indique la figure ci-jointe, de chaque côté des diapasons de l'appareil; les branches de ces derniers sont donc écartées, mais comme l'aimantation cesse bientôt, elles reviennent sur elles-mêmes et se mettent à vibrer.

Après la cent douzième partie d'une seconde, elles se retrouvent dans leur position première et reçoivent une nouvelle impulsion.

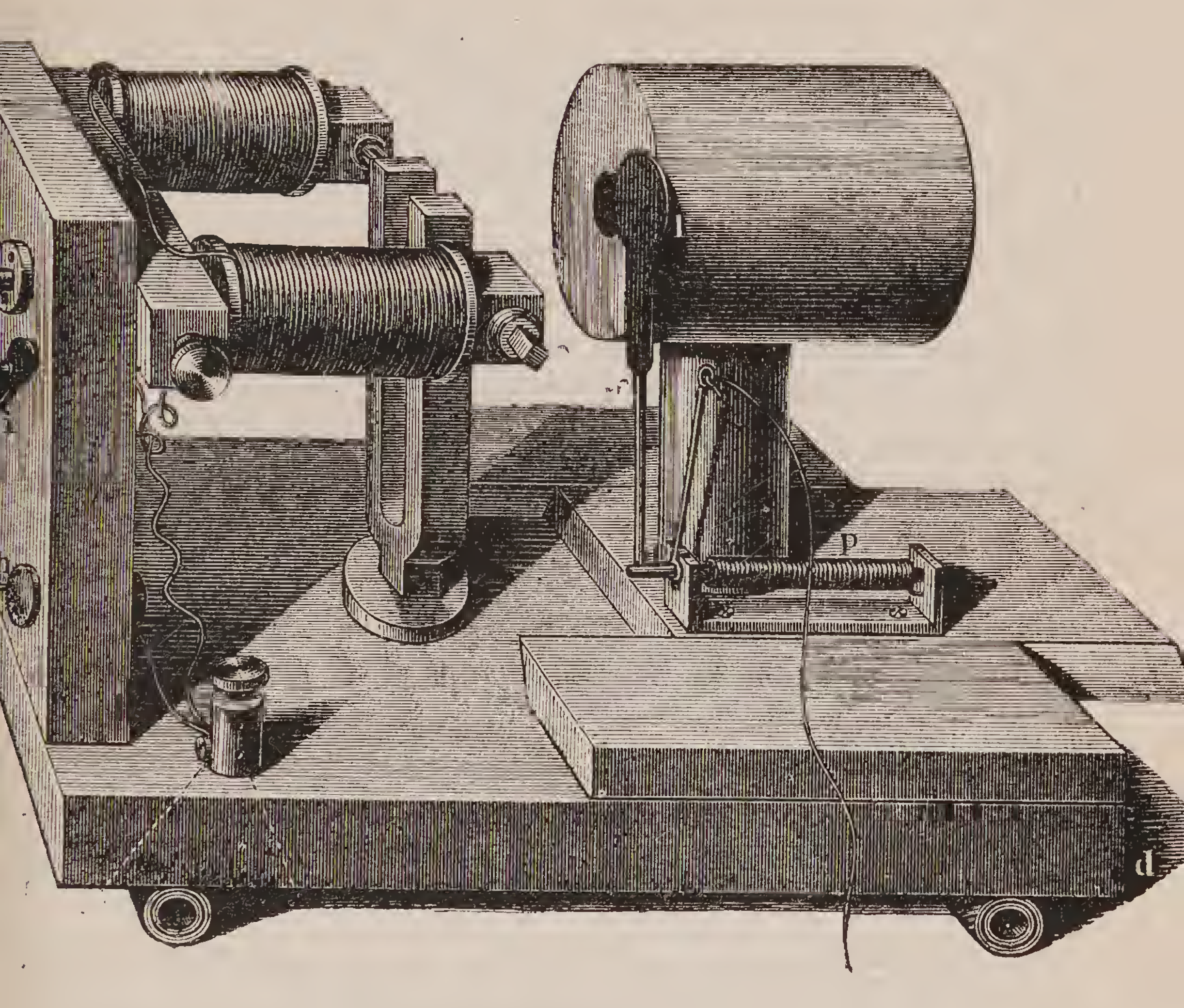


Fig. 4.

Leur mouvement vibratoire se trouve donc ainsi entretenu et il durera aussi longtemps que fonctionnera l'interrupteur. Au commencement de l'expérience ce dernier est mis en mouvement à l'aide d'un archet.

Derrière chacun des dix diapasons se trouve placé un large tuyau cylindrique en métal, dont les dimensions sont calculées de manière à lui donner un son propre de hauteur égale à celui du diapason placé en regard ; le son fondamental de ce dernier se trouve ainsi renforcé. Un clavier analogue à celui d'un piano et dont les touches sont en correspondance avec des disques métalliques capables d'ouvrir ou de fermer les divers tuyaux, permet de renforcer ou d'éteindre le son d'un quelconque des diapasons et même de graduer l'intensité du son rendu par l'un d'eux, en dé-

couvrant plus ou moins l'orifice du résonnateur correspondant. Pour cela il suffit d'appuyer d'une manière variable sur les touches.

Toutes les pièces de l'appareil sont placées sur des coussinets en caoutchouc qui arrêtent les transmissions accidentelles de mouvement. On est ainsi maître d'ajouter au son fondamental tel ou tel de ses neuf premiers harmoniques et cela avec une intensité variable.

A l'aide de ce système de diapasons on imite facilement le timbre des principaux instruments de musique et aussi celui de la voix humaine chantée pour les voyelles.

Ainsi en faisant résonner le diapason fondamental et tous ses harmoniques, on obtient le son d'un tuyau ouvert. Par la combinaison du son fondamental et de ses harmoniques d'ordre impair on imite le timbre d'un tuyau fermé vibrant à l'unisson de la note du diapason le plus grave.

Le timbre des voyelles résulte de combinaisons analogues.

En faisant résonner le diapason le plus grave on obtient un son simple, ayant approximativement le timbre de la voyelle *ou* très-grave, beaucoup plus sourd qu'on ne peut le produire avec la voix, mais qu'on rend plus semblable au son *ou* de la voix en laissant résonner faiblement le premier et le second harmonique $si^{\flat}_{2}$ et fa_3.

On produit le son *o* si on affaiblit un peu la note fondamentale en donnant fortement $si^{\flat}_{3}$ et faiblement $si^{\flat}_{2}$, fa_3 re_4; si au lieu de prendre la note $si^{\flat}_{1}$ comme ton fondamental on choisit la note $si^{\flat}_{2}$, on obtient encore, quand elle vibre seule, un son comparable à la voyelle *ou*; si on donne alors $si^{\flat}_{2}$ avec une intensité modérée, $si^{\flat}_{3}$ avec force et fa_4 faiblement, on reproduit encore le son *o*. Ainsi c'est bien le $si^{\flat}_{3}$ qui est caractéristique de l'*o*.

La voyelle *a* s'obtient en donnant modérément $si^{\flat}_{2}$, $si^{\flat}_{3}$, fa_4 et faisant résonner avec force $si^{\flat}_{4}$ et $ré_5$.

Le timbre de la voyelle *ai* (*ä* des Allemands) se produit en renforçant $si^{\flat}_{3}$ et fa_4 (les deux sons les plus voisins de sa caractéristique grave $ré_5$), en affaiblissant $si^{\flat}_{4}$, et en renforçant autant

que possible *ré*$_3$ et *fa*$_3$, sons voisins du *sol*$_3$ caractérisque aiguë de cette même voyelle.

L'*e* est très-difficile à imiter à cause de la faiblesse du son *si*$\flat_5$ qui caractérise cette lettre.

Les timbres de l'*i* et de l'*u* sont impossibles à imiter avec les diapasons qui entrent dans la construction de l'appareil précédent, mais il est certain que la méthode qui conduit à produire les sons *ou*, *o*, *a*, permettrait d'obtenir les sons *i* et *u;* il faudrait seulement disposer d'un nombre plus considérable de diapasons et renforcer les sons de ceux qui sont aigus.

Dans les sons produits avec l'appareil précédent, il ne faut d'ailleurs chercher que le timbre musical des voyelles et non pas le son propre à chacune d'elles. M. Donders a en effet reconnu que l'émission des voyelles était accompagnée de bruits accessoires; ce sont eux qui, se faisant entendre encore lorsqu'on parle à voix basse, permettent de distinguer les voyelles lorsque le son musical qui leur correspond a depuis longtemps cessé d'être perceptible à l'oreille. Des bruits de cette nature ne pouvant être produits avec les diapasons qu'a employés M. Helmholtz, on comprend que l'imitation des voyelles ne peut être parfaite, et que c'est aux voyelles de la voix chantée que le timbre des sons produits par l'appareil précédent doit seul être comparé.

D'après ce qui précède, le mécanisme de la formation des voyelles consiste dans le renforcement par l'air contenu dans la bouche de quelques-uns des harmoniques de la note sur laquelle on les chante. Pour l'*a* donné sur la note *si*$\flat_1$ la forme de la cavité buccale doit être telle que le *si*$\flat_4$, sa note spécifique, ou de plus forte résonnance, se trouve renforcée, tandis que les autres sons partiels formés par les vibrations de la glotte doivent être affaiblis. Pour l'*a* chanté sur une autre note quelconque, ce sera encore le *si*$\flat_4$ ou une note très-voisine qui éclatera avec intensité, en sorte qu'on ne peut pas en général prévoir quel sera le numéro d'ordre de l'harmonique renforcé. Suivant les cas ce pourra être l'octave, la douzième, la dix-septième; il y a donc entre le timbre des voyelles et celui des instruments de musique une différence remarquable. Dans une corde qui vibre la production de la note fondamentale est, quelle que soit sa hauteur absolue, accompagnée de l'octave, de

la douzième, de la dix-septième. Dans la voix rien de pareil, le son renforcé a d'avance sa place marquée dans l'échelle musicale.

Il résulte de là l'explication d'une remarque assez curieuse faite depuis longtemps par les chanteurs. Chaque voyelle a sa place déterminée dans l'échelle musicale : dans les notes élevées c'est l'*a* qui se produit le plus aisément; l'*o* ne sort facilement que sur les notes basses. Suivant M. Helmholtz, les voyelles qui conviennent le mieux à une note donnée sont celles dont la note caractéristique est un peu plus élevée que la note donnée, ensuite celles dont la note est à l'octave ou à la quinte de l'octave de la même note; il semble que la bouche ait d'autant plus de facilité à renforcer un des harmoniques du son produit par les cordes vocales, que cet harmonique occupe un rang moins élevé dans la série de ceux du son fondamental. Cette affinité des voyelles pour certaines notes se remarque surtout aux limites des registres de fausset ou de poitrine.

V

DE LA PERCEPTION DES SONS.

La presque totalité des sons qui se produisent autour de nous étant des sons complexes, il devient nécessaire d'expliquer comment nous percevons pour chacun d'eux une sensation unique; il faut aussi montrer comment au milieu du chaos des vibrations sonores qui arrivent à l'oreille, nous pouvons séparer celles qui appartiennent à tel ou tel son.

Les études anatomiques récentes ont montré que la surface du limaçon était tapissée d'une multitude de filaments nerveux connus sous le nom de fibres de Corti, qui doivent être considérés comme les terminaisons du nerf acoustique. Suivant M. Helmholtz, chacune de ces fibres accordée à l'unisson d'une note particulière serait susceptible d'être mise en vibration par un son de hauteur égale et plus faiblement par les sons voisins. Ce sont donc des filaments différents qu'affecte chaque son simple et les sons composés agissent simultanément sur plusieurs fibres. Dans cette nouvelle hypothèse, chacun d'eux transmettrait son impression propre au cerveau, et là, par suite d'un acte psychologique dont la nature est difficile à connaître, nous fusionnerions en gé

néral ces diverses impressions en une sensation unique, celle d'un son doué d'un timbre particulier. Les fibres de Corti étant au nombre de trois mille environ, on en compte trente-trois par intervalle d'un demi-ton. La perception de tous les sons possibles est donc certaine, puisque pour chacun d'eux il existe une fibre susceptible de vibrer à l'unisson.

Dans l'hypothèse de M. Helmholtz, le phénomène de la perception du son comprend donc deux phases distinctes : 1° perception des sons par l'oreille; 2° combinaison subséquente de ces impressions multiples en une sensation unique[1].

S'il en est réellement ainsi ; si l'oreille décompose pour recomposer ensuite chaque son en ses éléments simples, les sons qui renferment les mêmes éléments, dans les mêmes proportions, devront produire des sensations identiques, quelle que soit la manière dont les mouvements vibratoires simples qui leur correspondent auront été combinés pour donner lieu au mouvement de la corde ou de la verge sonore. En particulier, le timbre d'un son devra être indépendant de la différence de phase des sons composants. Cette dernière conséquence a pu être vérifiée par M. Helmholtz. En désaccordant légèrement le résonnateur d'un des diapasons de l'appareil employé pour imiter le timbre des voyelles, on produit dans le son du diapason correspondant un changement de phase qui peut aller de 0 à 90°, et on observe qu'il n'est accompagné d'aucune variation de timbre : un changement de 180° ou renversement de phase se produit en renversant le courant dans les électro-aimants. De ces expériences il est donc permis de conclure que le timbre est indépendant des phases des

[1] Cette hypothèse de M. Helmholtz pour expliquer la perception du son est analogue à celle mise en avant par Th. Young pour faire comprendre les phénomènes de la vision. Suivant le physicien anglais les batonnets de la rétine vibreraient sous l'action d'impulsions répondant à des longueurs d'onde déterminées : les uns étant sensibles aux rayons rouges, les autres aux rayons violets. La fusion de ces impressions diverses en une sensation unique serait un phénomène subséquent de même ordre que celui de la vision binoculaire.

Les hypothèses d'Young et de M. Helmholtz rendent facilement compte de ce fait, que les sensations lumineuses répondent à des vibrations de vitesse déterminées, et que les sons perceptibles à l'oreille doivent être produits par des corps qui exécutent de 32 à 75 000 vibrations par seconde. On conçoit, en effet, que les fibres nerveuses de l'œil ou de l'oreille ne doivent pouvoir vibrer que sous l'influence d'oscillations d'une rapidité déterminée.

sons partiels ; d'où il suit que des formes de vibration différentes donneront le même timbre dès qu'elles sont nées du même nombre d'harmoniques et que ces harmoniques offrent toujours la même intensité.

VI

BASE RATIONNELLE DE LA MUSIQUE

En nous faisant mieux connaître la nature intime des sons, les faits dont nous venons de donner une analyse sommaire sont de nature à devenir la base d'une théorie rationnelle de la musique ; ils donnent la raison des règles en quelque sorte empiriques de la composition et de l'harmonie.

Remarquons d'abord que les sons employés en musique, ceux de la voix humaine, du violon, des instruments à vent, etc., sont toujours des sons composés, des sons multiples, et que dans la recherche des conditions auxquelles doivent satisfaire deux sons de hauteur musicale différente pour pouvoir exister simultanément ou se succéder dans un morceau d'harmonie, il faut nécessairement tenir compte des harmoniques qui les accompagnent. En procédant d'après ces principes, il est aisé de se rendre compte des affinités particulières de certains sons qui semblent s'appeler l'un l'autre. La gamme nous offre des exemples remarquables de ces affinités et la hauteur relative de ses diverses notes n'est point, comme on pourrait le croire, arbitraire, elle a une raison d'être physiologique.

Tout le monde connaît l'analogie extrême qui existe entre une note et son octave ; on sait que si partant de la tonique on chante successivement les diverses notes de la gamme, l'oreille éprouve une sorte de retour à la sensation primitive au moment où l'octave succède à la note sensible. Le chant semble terminé après une octave, la phrase musicale reste inachevée si la voix s'arrête sur le si. L'analogie entre une note et son octave est d'ailleurs si grande que, dans l'appréciation de la hauteur relative de deux sons élevés et de timbres différents, des musiciens même exercés se trompent souvent d'une octave.

Cette analogie bien connue, car elle a servi de base à la théorie musicale de Rameau, a une explication bien facile.

Supposons que la tonique *ut* corresponde à 100 vibrations par seconde. Le son émis par la voix ou l'instrument, qui fait entendre cette note, renferme en réalité les sons correspondants aux nombres de vibrations et aux notes suivantes :

100	200	300	400	500	600	700	800	900
ut_1	ut_2	sol_2	ut_3	mi_3	sol_3	$si\flat_3$	ut_4	$ré_4$

le son d'octave comprend les notes suivantes :

200	400	600	800
ut_2	ut_3	sol_3	ut_4

sons qui se retrouvent tous dans la série des harmoniques de la tonique. L'octave succédant à la tonique n'apporte donc à l'oreille aucun élément nouveau : il lui en répète seulement quelques sons accessoires et les seules impressions nouvelles sont celles d'harmoniques plus élevés dont l'intensité était très-faible dans le son le plus grave. L'octave n'est donc en quelque sorte qu'une réplique de la tonique.

Lorsque deux sons se trouvent exactement à l'octave l'un de l'autre, il y a donc coïncidence des harmoniques de l'un avec les harmoniques de l'autre et les battements ne sont pas possibles ; mais dès que l'accord est troublé, les harmoniques dédoublés se mettent à battre les uns avec les autres et le son s'accompagne d'une sorte de vacarme très-désagréable à l'oreille. L'octave est donc l'intervalle consonnant par excellence et aussi celui dont nous apprécions avec plus de facilité la justesse.

La quinte (ut, sol) est aussi un intervalle consonnant, mais à un moindre degré que le précédent. Les harmoniques successifs de la note sol répondent en effet aux nombres de vibrations suivantes :

150	300	450	600	750	900
sol	sol_2	$ré_3$	sol_3	si_3	$ré_4$

Le premier, le troisième et le cinquième existent déjà dans la tonique ; le second et le quatrième ne sont plus au nombre des sons partiels de cette même tonique. La consonnance, ut, sol, est donc moins parfaite que pour l'octave, car dans ces deux notes il n'y a plus identité d'éléments et le $ré_3$, deuxième harmonique du

sol, peut battre avec les troisième et quatrième harmoniques de l'ut, c'est-à-dire avec l'ut_3 et le mi_3.

Des coïncidences analogues ont lieu pour les autres intervalles musicaux ; leur fréquence détermine le degré de pureté des consonnances. Il faut toutefois pour les intervalles où il existe des harmoniques capables de battre les uns avec les autres, tenir compte de l'intensité de ces battements. L'impression qu'ils produisent étant d'après M. Helmholtz surtout désagréable lorsqu'ils sont au nombre de 33 par seconde, il s'ensuit qu'un intervalle sera d'autant plus dissonant qu'il offrira un plus grand nombre d'harmoniques peu élevés susceptibles de donner des battements d'une certaine rapidité.

Les principes précédents permettent donc de faire de la recherche des consonnances ou des dissonances une pure question de calculs effectués d'après des lois physiques connues, et on peut déterminer *a priori* le degré de pureté des différents intervalles considérés dans toute l'étendue de l'échelle musicale. M. Helmholtz appelle consonnances *absolues* les intervalles où l'une des notes données coïncide avec un son partiel de l'autre ; il y a alors concordance entre tous les harmoniques respectifs. A cette catégorie appartiennent l'unisson, les octaves successives, la douzième, la dix-septième. Les intervalles qui viennent immédiatement après sont la quinte et la quarte dont la consonnance quoique moins parfaite est encore très-bonne, puis la sixte et la tierce qui sont des consonnances moyennes : la tierce et la sixte mineure sont des consonnances imparfaites.

La formation des accords multiples repose sur les mêmes principes que celle des intervalles consonnants. Pour que trois notes puissent former un accord il faut qu'elles soient deux à deux consonnantes.

Les considérations précédentes s'éloignent déjà beaucoup de celles qui sont ordinaires à la physique ; néanmoins nous avons cru devoir ne pas les passer sous silence, car elles légitiment la seconde partie du titre que nous avons donné à cet article « Théorie scientifique de la musique. »

Les travaux d'Helmhotlz ont en effet une portée qu'on ne saurait méconnaitre. Nous lui devons d'avoir montré que les questions musicales étaient aussi des questions de physiologie et de physique, que la connaissance du mode de formation des sons aussi

bien que du mode de perception des ondes sonores importait au musicien afin qu'il puisse se rendre compte des lois de la composition et de l'harmonie.

GEORGES RAYET.

Nous devons à l'obligeance de M. R. Kœnig d'avoir pu faire figurer dans ce travail, d'après des bois gravés pour son catalogue d'instruments d'acoustique, les dessins des principaux appareils employés par M. Helmholtz dans ses expériences. Que M. Kœnig veuille bien recevoir ici tous nos remercîments.

G. R. P. P. D.

II

LA CHALEUR, SOURCE D'ÉLECTRICITÉ

La découverte de la pile hydro-électrique est une des plus brillantes de notre époque; cet instrument joue dans le laboratoire un rôle important, il pénètre même dans l'usine, il fournit l'électricité nécessaire à la télégraphie, et nous ferions preuve d'ingratitude en passant sous silence les services qu'il nous rend chaque jour; il faut reconnaître cependant que notre pile actuelle est loin d'être parfaite et l'industrie souhaite depuis longtemps que la science lui fournisse une source d'électricité d'un usage plus facile et d'un prix de revient moins élevé. Aujourd'hui, quel que soit le modèle de pile que l'on adopte, le travail et la dépense varient peu; il faut toujours aligner un nombre plus ou moins considérable de pots, les garnir d'eau acidulée par l'acide sulfurique et de cylindres de zinc préalablement amalgamés; il faut indroduire dans ces pots, des vases poreux qui reçoivent, à leur tour, un second liquide et un corps conducteur. Il faut enfin, pour *monter la pile*, réunir chaque zinc au conducteur plongé dans chaque vase poreux. Tout ce travail exige du temps et des soins, parfois bien mal récompensés, car si une communication est oxydée ou mal jointe, le courant électrique est arrêté totalement ou en partie, et le zinc s'use sans qu'il se produise aucun travail utile. La pile est donc en réalité un outil compliqué et

rebelle; au moindre obstacle que l'électricité rencontre sur son chemin, elle refuse le travail au dehors. Il faut être là, toujours là, et observer constamment les diverses parties de l'appareil. Est-il possible de modifier cette pile puissante, mais incommode, et ne saurait-on adopter d'autres dispositions? L'étude des réactions génératrices de l'électricité dans la pile d'origine chimique nous permettra sans doute de répondre à cette question. Dans le premier vase de la pile à deux liquides, dite de Bunsen, se trouvent : de l'eau, de l'acide sulfurique et du zinc. L'eau cède son oxygène au zinc; puis l'oxyde formé s'unit à l'acide sulfurique ; c'est une double combustion qui s'opère, et *la quantité d'électricité fournie est proportionnelle à la quantité de zinc consommée.* Le rôle du liquide contenu dans le vase poreux est d'absorber le gaz hydrogène que le mouvement électrique jette sur le conducteur immergé dans le vase poreux, celui-ci sera un charbon compacte, si l'on emploie comme liquide dépolarisant l'acide nitrique, l'eau oxygénée (indiquée par MM. P. P. Deherain et de Fonvielle) ou le bichromate de potasse; mais que l'on fasse usage de l'un ou de l'autre de ces liquides dépolarisants, il n'en reste pas moins constant que l'équivalent d'électricité produite correspond aux équivalents de zinc et d'hydrogène consommés; il revient donc *sensiblement* au même prix, quel que soit le dispositif de la pile. Les inconvénients inhérents au montage de l'appareil ne varient pas, puisque ce dispositif ne varie pas lui-même.

Ce n'est donc pas dans le choix d'un nouveau liquide propre à brûler l'hydrogène dégagé par l'action du zinc sur l'eau acidulée qu'est la solution de la question : on ne réussira pas davantage à faire disparaître les inconvénients que présente la pile en faisant brûler dans le vase extérieur un métal différent du zinc par l'intermédiaire d'un acide autre que l'acide sulfurique; ce n'est là qu'une question de *cuisine chimique*, qui ne présente qu'un intérêt secondaire. La production de l'électricité dans la pile d'origine chimique est en fin de compte due à une transformation de la chaleur ; le zinc est aussi bien brûlé par l'oxygène extrait de l'eau que le serait le charbon enflammé par l'oxygène de l'air. Or le charbon est réellement le combustible industriel et on conçoit qu'il serait préférable de produire l'électricité en le brûlant au lieu de brûler du zinc. Malheureusement il ne se prête pas à la

combustion par voie électro-chimique : il lui faut un foyer sec alimenté d'air, et l'électricité que développe sa combustion n'a pas les propriétés requises pour les applications propres à l'électricité provenant de la pile. Cette électricité dégagée du charbon, quoique considérable, est enfin très-difficile à recueillir. Si, ainsi envisagé, le problème paraît insoluble, il n'en est plus ainsi lorsqu'on agit par transformations multiples; il est possible, dans ce cas, d'utiliser, *au moins une partie* de l'équivalent électrique de la chaleur due à la combustion du charbon. Cela est non-seulement possible, mais même réalisé, et nous avons décrit, dans la *deuxième année de cet Annuaire*, la machine magnéto-électrique telle qu'elle est disposée pour alimenter le feu électrique des deux phares du cap de la Hève. On se rappelle le jeu de cet intéressant générateur d'électricité. — Dans la machine à vapeur, on consomme le charbon. Du travail chimique de la combustion naît la chaleur qui, emmagasinée dans la masse d'eau contenue dans la chaudière, se transforme en force mécanique; celle-ci enfin détermine le mouvement des rouleaux de bobines autour des aimants, et l'électricité, développée dans le fil des bobines, est perçue en chaleur et en lumière aux extrémités des crayons de charbon de la lampe photo-électrique. Ainsi, par suite de ces admirables transformations successives de forces qui, de prime abord, ne semblent avoir rien de commun, la chaleur ou la lumière de l'arc voltaïque qui paraissent provenir directement de la combustion des deux cônes de charbon sont en réalité le produit de la combustion du charbon dont on charge le foyer de la chaudière à vapeur; mais ces transformations successives ne peuvent s'opérer sans pertes; une loi *naturelle* de mécanique s'y oppose. « L'effet utile équivaut à la puissance moins la résistance, » dit-elle; traduisez par résistance : 1° la chaleur perdue par conductibilité des parois, par absorption, par les matériaux et par l'air ambiant; 2° les déperditions de la force mécanique par les rouages, le jeu de ceux-ci développant une quantité de chaleur qui est nécessairement à retrancher de la chaleur totale fournie par le générateur; 3° l'électricité perdue aux contacts, et vous comprendrez que l'électricité utilisée ne soit qu'une assez faible fraction de l'équivalent électrique de la chaleur consommée. La construction de cette machine n'en reste pas moins cependant un des plus grands progrès de l'électricité industrielle moderne.

Grâce à elle, le prix de la lumière électrique est tombé, à éclairage égal, de 1 fr. 50 à 0 fr. 25.

On conçoit que dans la machine magnéto-électrique la chaleur engendre l'électricité, mais cette transformation est en quelque sorte indirecte; l'intermédiaire est la force mécanique qui met en jeu les bobines tournant en face des aimants. Ne peut-on arriver à transformer directement la chaleur en électricité, sans intermédiaire? Oui vraiment, cette science existe, elle renferme déjà nombre de faits curieux; c'est la thermo-électricité, dont nous avons ici même indiqué quelques applications[1].

La transformation directe de la chaleur en électricité s'observe très-facilement dans les circonstances suivantes :

Un circuit formé par un métal, ou par toute autre matière suffisamment conductrice de la chaleur, est chauffé en un de ses points. Si la chaleur *s'écoule* avec la même facilité à droite et à gauche du point chauffé, pas de traces d'électricité sensible aux deux extrémités du conducteur; mais si, par une cause physique, la chaleur ne se propage pas aussi aisément des deux côtés du point où elle est appliquée, un courant électrique apparaît, et son intensité est d'autant plus grande que la résistance au passage, subie par l'électricité, est elle-même plus considérable. Ainsi, M. Becquerel a pu manifester des courants en chauffant un point quelconque d'un circuit formé d'un seul métal, en altérant par une spirale ou un simple nœud le mode de propagation de la chaleur à droite et à gauche de son point d'application. On obtient encore des résultats plus favorables en accouplant deux métaux inégalement conducteurs. S'il est exact que la résistance au passage que la chaleur éprouve dans l'intérieur d'un circuit détermine sa transformation, du moins en partie, en électricité, on est naturellement conduit à se demander, s'il ne serait pas possible de réaliser une combinaison qui permît d'effectuer d'une manière aussi directe la transformation de la chaleur en électricité.

Dès que Seebeck eut découvert la thermo-électricité, en 1821, on songea à construire des piles fondées sur cette intéressante transformation de la chaleur. Mais il fallait déterminer préalablement les caractères des courants thermo-électriques, et savoir,

[1] Voyez dans le 3e volume de l'*Annuaire : Les hautes temperatures.*

avant tout, si, en groupant des couples de ce genre, à la façon des couples hydro-électriques, on accroissait, selon les mêmes lois, l'intensité du courant perçu et la quantité d'électricité produite. Peut-on, en un mot, former une pile thermo-électrique? Œrsted et Fourier, d'illustre mémoire, se mirent à l'œuvre dès qu'ils eurent connaissance de la découverte de Seebeck, car ils avaient compris l'immense importance qu'aurait un semblable appareil.

Si jamais une découverte en électricité pouvait être placée à côté de celle de Volta, ce serait la construction d'un couple thermo-électrique équivalent, en puissance, à un couple hydro-électrique; supposons cette découverte réalisée : plus de matériel encombrant, plus de peine pour monter la pile, plus de dépense excessive; il ne s'agit plus maintenant que d'installer, une fois pour toutes, les couples thermo-électriques et la source calorifique, origine d'électricité. Ce sera un bec de gaz pour chaque soudure alternative, c'est-à-dire cinquante becs de gaz pour une pile de cent couples. Veut-on de l'électricité? En un instant le gaz est allumé et l'électricité afflue immédiatement aux pôles de la pile. L'opération terminée, on ferme le robinet d'arrivée du gaz; le refroidissement a lieu, toute dépense cesse aussitôt. Les couples ne sont nullement endommagés, car la température a été réglée en conséquence, et la pile est toujours en état de fonctionner, pourvu qu'on en maintienne les soudures dans un état de pureté convenable. C'est, on le voit, un beau rêve que celui des chercheurs qui s'occupent de découvrir une pile thermo-électrique assez puissante pour remplacer les couples actuellement en usage. Depuis Œrsted et Fourier, plusieurs physiciens furent préoccupés par cette pensée : un jour, un illustre savant allemand, M. Bunsen, qui a donné à la pile hydro-électrique sa disposition actuelle, crut tenir la solution de ce grand problème; un autre savant allemand, M. Marcus, annonça même qu'il était prêt à construire une pile thermo-électrique, capable d'alimenter une lampe électrique; malheureusement ces savants et ceux qui prônèrent leurs publications, en les exagérant sans doute, cédèrent trop promptement à un enthousiasme très-respectable, mais des moins justifiés. On va en juger.

Jusqu'à la publication faite par M. Bunsen, dans le cours de cette année, les physiciens n'avaient pensé qu'aux métaux pour constituer des couples thermo-électriques; M. Becquerel père,

mesurant leurs capacités, les avait rangés dans cet ordre : antimoine, arsenic, fer, zinc, or, cuivre, laiton, rhodium, plomb, étain, argent, manganèse, cobalt, palladium, platine, nickel, mercure, bismuth ; chaque métal étant *positif*, par rapport à celui qui le suit, et négatif avec l'antécédent. L'antimoine et le bismuth étant aux deux extrémités de l'échelle devaient donc être les éléments de la pile la plus énergique. Mais, les propriétés physiques de ces métaux n'ont permis de les employer qu'à la construction de l'admirable appareil employé par Melloni et Nobili pour leurs recherches sur le rayonnement de la chaleur. Les autres couples métalliques, bismuth-cuivre, fer-platine, platine-palladium n'ont été employés que pour des expériences thermométriques, ainsi qu'il a été dit à propos des *Hautes Températures*[1] ; ils sont tous incapables de fournir un courant puissant et intense.

Quelles sont donc les conditions auxquelles doit satisfaire un circuit hétérogène pour fournir extérieurement une quantité d'électricité notable relativement à la dépense en chaleur. — Les conditions sont au nombre de trois : pouvoir thermo-électrique, point de fusion élevé, médiocre conductibilité pour la chaleur. La plupart des métaux satisfont aux deux premières conditions, mais non à la dernière. La chaleur peut leur être fournie en grande quantité, elle se transforme réellement en une quantité d'électricité équivalente, mais la proportion la plus considérable se recombine aux soudures mêmes des couples qui constituent la pile, car la résistance que rencontre l'électricité à parcourir l'intérieur de la pile est bien moindre que celle qu'elle trouve à l'extrémité du circuit ; aussi ce n'est qu'en augmentant énormément le nombre des soudures intermédiaires que l'électricité engendrée aux couples extrêmes peut se déverser dans le circuit extérieur. En accouplant ainsi cent, deux cents couples, on n'obtiendra pas un effet allant en croissant régulièrement avec ce nombre de couples, mais l'effet obtenu sera puissant cependant, non pas tant parce qu'une plus grande quantité d'électricité sera mise en mouvement, que parce que la résistance dans l'intérieur de la pile sera considérablement augmentée, et qu'ainsi l'électricité engendrée aux soudures extrêmes sera deversée plus complétement dans le circuit extérieur.

[1] *Annuaire* de 1864.

Nous avons posé en principe que l'électricité dans la pile thermo-électrique était due à la transformation qu'éprouve la chaleur quand elle rencontre des obstacles à son passage ; on conçoit donc qu'on ait cherché à substituer aux métaux trop bons conducteurs les corps non métalliques ou les corps composés qui, par leurs caractères physiques se rapprochent des métaux : choisissant, bien entendu, parmi ces derniers, ceux qui ne peuvent se décomposer qu'à une température assez élevée.

On a d'abord associé les métalloïdes aux métaux : toutes les variétés du carbone, le silicium, le bore, l'arsenic, le tellure surtout, sont doués d'un pouvoir thermo-électrique considérable; mais, on comprend aisément que leur emploi est peu pratique. En 1827, M. Becquerel avait remarqué qu'un fil de cuivre, sulfuré à sa surface, devient fortement positif lorsqu'il est accouplé avec un fil de cuivre pur : une élévation de température de 200° à 300° détermine dans ce couple un courant capable de décomposer le sulfate de cuivre, le nitrate d'argent et d'autres dissolutions salines de même ordre. L'intensité de ce courant thermo-électrique est supérieure à celle des courants provenant de couples métalliques et aussi de couples formés de métaux associés soit au sulfure de fer, soit au peroxyde de manganèse. Cette observation très-curieuse restait simplement consignée dans les traités, quand l'attention des physiciens se reporta tout récemment sur la thermo-électricité; dès lors, elle devint le point de départ de nouvelles et très-intéressantes recherches sur le pouvoir thermo-électrique des corps composés et des alliages. — Le n° 11 des *Annales de Poggendorff* publiait, au commencement de cette année, de nounouvelles recherches de M. Bunsen ; en associant la pyrite de cuivre avec un alliage d'antimoine et d'étain, *ou même avec le cuivre* (afin d'opérer à une température plus élevée), on obtient une pile thermo-électrique qui dépasse en force électro-motrice toutes celles connues jusqu'à ce jour. Les expériences constataient qu'un couple pyrite et cuivre, mesurant 7 centimètres sur 4, et 4 millimètres en épaisseur, dont une extrémité était soumise à l'action de la flamme d'une petite lampe, tandis que l'autre plongeait dans de l'eau à 0°, équivalait en intensité à $\frac{1}{10}$ d'un couple à sulfate de cuivre. L'auteur signalait aussi comme doué d'une énergie à peu près égale, le couple *platine et pyrolusite* (bioxyde de manganèse naturel). C'était refaire en quelque sorte

l'ancienne expérience de M. Becquerel. Quoi qu'il en soit, l'essor était de nouveau donné à la question. Quelque temps auparavant, M. Edmond Becquerel avait été conduit à s'occuper de nouveau des pouvoirs thermo-électriques des métaux et des circonstances qui pouvaient les modifier ; la note de M. Bunsen l'amena naturellement à reproduire, dans des conditions différentes, l'ancienne expérience de son père, la question s'étendit peu à peu jusqu'à devenir une étude très-étendue et très-curieuse des propriétés thermo-électriques des sulfures métalliques et notamment du sulfure de cuivre.

Le soufre est la substance qui modifie le plus profondément le pouvoir thermo-électrique des métaux, pour l'exalter soit dans le sens *positif*, soit dans le sens *négatif*. Ainsi, comme capacité électrique négative, le sulfure de bismuth l'emporte sur le bismuth : on peut même, sans trop altérer la capacité de ce sulfure, l'allier à une petite quantité de métal ; la matière devient moins cassante, mais plus conductrice. Le couple *sulfure de bismuth et cuivre* est trois fois supérieur en force électro-motrice au couple *bismuth et cuivre.*

A cette époque, disions-nous, M. Edmond Becquerel étudiait surtout la force électro-motrice du protosulfure de cuivre et, tout en constatant sa faculté éminemment positive, il reconnaissait un fait de la plus haute importance : c'est que la faculté thermo-électrique de cette substance est exclusivement dépendante de son état physique. Portée à une température très-peu plus élevée que celle de sa fusion, puis coulée de façon à ce que les barreaux ou les plaques présentent une cassure fibreuse ainsi que des bulles répandues çà et là dans la masse, la matière présente un pouvoir thermo-électrique en quelque sorte exalté. Fondue de nouveau et surchauffée, son pouvoir thermo-électrique est singulièrement diminué, parfois même il disparaît entièrement. Cet effet curieux explique comment M. Bunsen a trouvé que la pyrite cuivreuse naturelle, fondue et coulée dans le laboratoire, perdait la plus grande partie de son pouvoir thermo-électrique. Aussitôt qu'il est démontré que le pouvoir thermo-électrique du sulfure de cuivre est dû à son état physique, et que cet état varie avec une faible élévation de température, on conçoit combien on doit apporter de précautions dans sa préparation. Au fond d'un grand et large creuset en terre, préalablement porté au rouge, on projette des fragments de sou-

fre en canon, et on les volatilise; à ce moment, on introduit de larges et épaisses plaques de cuivre rouge qui, d'abord, ont été chauffées dans un fourneau voisin. Ces plaques, suspendues au sein de la vapeur de soufre, l'absorbent entièrement en devenant incandescentes; on règle la marche de l'opération de manière que le sulfure formé ne fonde pas. Pour y arriver, on attaque la plaque en plusieurs fois, détachant successivement le sulfure formé. Ce sulfure se détache en écailles du plus bel aspect métallique. On le concasse en gros grains et on le fond. La température à obtenir est environ celle de la fusion de l'or; elle est comprise entre 1030° et 1040°. Si on atteignait 1150°, la matière coulée ne serait douée d'aucune puissance thermo-électrique. On voit qu'il y a dans cette opération un *tour de main* à prendre; quand l'opérateur l'aura acquis, il fera presque à coup sûr un bon produit. Le sulfure de cuivre prenant, par élévation de température, lorsqu'on l'associe à des corps conducteurs, un excès d'électricité positive, on doit lui adjoindre la substance la plus négative possible. Un grand nombre de minéraux satisferaient à la question, mais leur trop grande résistance à la conductibilité leur fait préférer les métaux ou les alliages. Seebeck, lors de la découverte de la thermo-électricité, avait reconnu que le nickel, métal éminemment négatif, communique cette propriété aux alliages qu'il forme avec le cuivre et le zinc, de telle sorte que le maillechort, l'argentan ou le pakfong sont presque aussi négatifs que le nickel. Ce fut sur l'un de ces alliages, le maillechort, que M. Edmond Becquerel jeta les yeux pour en faire l'élément négatif de la pile dont le sulfure de cuivre devait être l'élément électro-positif. Quand on veut faire fonctionner l'appareil que M. Rumkhorff a construit avec l'habileté qu'il apporte dans toutes ses œuvres, on chauffe, à l'aide d'un bec de gaz, la plaque de maillechort qui communique sa chaleur, par conductibilité, au sulfure de cuivre. On a soin d'encastrer l'extrémité du barreau de sulfure de cuivre de petites lames de maillechort fixées à vis, afin que la flamme du gaz ne réduise pas ce sulfure.

Après ces détails théoriques et techniques qui, nous l'espérons, ont suffi à éclaircir la question pendante, il faut quelques chiffres pour fixer les limites auxquelles on est parvenu. Le couple de M. Bunsen vaut, à la plus haute température qu'il peut atteindre, $\frac{1}{10}$ de couple à sulfate de cuivre; celui de M. Edmond Becquerel

arrive à $\frac{1}{2,63}$, et s'il était possible de le maintenir à 1030° sans l'altérer, il équivaudrait à un couple à sulfate de cuivre; mais, pour un service régulier, il faut se borner à le chauffer à 550° ou 608°, et alors il vaut $\frac{1}{4}$ environ du couple en question.

C'est quelques mois après ces publications que M. Marcus, s'inspirant des travaux de M. Matthiessen[1], étudia les alliages métalliques, notamment celui formé de deux parties d'antimoine et d'une partie de zinc, peu différent de celui qu'avait employé autrefois Seebeck. Celui-ci avait remarqué que l'antimoine, allié au zinc, donne un alliage qui est moins positif que l'antimoine, si le poids du zinc dépasse celui de l'antimoine; mais quand la proportion d'antimoine est supérieure à celle du zinc, l'alliage est plus positif que l'antimoine.

L'élément *positif* de M. Marcus est ainsi combiné :

Cuivre.	10
Zinc	6
Nickel.	6

C'est, on le voit, la composition du maillechort.

L'élément négatif a pour composition :

Antimoine.	12
Zinc.	5
Bismuth.	1

On chauffe l'élément positif, le négatif étant abandonné à la température ambiante.

L'expérience prouve que l'élément à sulfure de cuivre a une force électro-motrice supérieure du double à celle du couple à alliage d'antimoine : à 520° ou 525°, température limite, il faut une pile de 15 couples pour neutraliser un élément à sulfate de cuivre.

En résumé, les personnes qui, à l'origine de la publication de M. Bunsen, ont cru que ce mode de transformation de la chaleur était devenu une source d'électricité industrielle, ont cédé trop promptement à l'envie de voir la pile hydro-électrique bannie de la pratique. Quelques expériences curieuses les ont séduites et illusionnées. Un simple raisonnement anéantit ces espérances et prouve que le cercle des propriétés *exploitables* des courants thermo-

[1] *Ann. de chimie et de physique*, t. LIV, p. 251.

électriques n'est que peu agrandi. Il suffit de se reporter aux considérations générales qui précèdent pour comprendre l'erreur dans laquelle tombe celui qui, partant de ce que la force électro-motrice d'un couple à alliage d'antimoine est de $\frac{1}{25}$ d'élément de Bunsen, pense qu'en associant 768 de ces couples thermo-électriques, représentant 30 Bunsen, il obtiendrait un effet lumineux et calorifique équivalent à ces 30 Bunsen. La chaleur, la lumière dépendent, il est vrai, de la tension, mais, surtout, de la quantité d'électricité fournie : or, la quantité d'électricité fournie par un couple thermo-électrique est insignifiante comparée à celle d'un couple hydro-électrique.

Si la pile à sulfure de cuivre n'est pas apte à alimenter une lampe photo-électrique, à cause de sa trop grande résistance, elle est capable, même sous un petit nombre de couples, de faire fonctionner un appareil télégraphique à l'issue d'une ligne très-longue, et cela, en raison même de la résistance des couples qui la constituent. Il n'en serait pas de même pour la pile à alliage d'antimoine qui n'est que fort peu résistante; elle serait, par cette raison, plus capable de produire de la lumière que la pile à sulfure de cuivre; mais, pour cet usage, elle ne possède pas une force électro-motrice suffisante.

La découverte d'une pile thermo-électrique puissante n'est donc pas une utopie. Il faut étudier les corps simples peu connus et leurs composés capables de réunir ces qualités : « une grande force électro-motrice, une faible résistance et un point de fusion très-élevé. » A cette triple condition sera résolue cette grande question : *la transformation économique de la chaleur en électricité.*

ERNEST SAINT-EDME.

CHIMIE

LE GRAND PRIX BIENNAL

TRAVAUX DE M. WURTZ

Dans sa séance solennelle du 15 août, l'Institut de France a décerné à M. Wurtz le grand prix de 20,000 fr., qui, d'après les intentions de Sa Majesté l'Empereur, doit être délivré alternativement, de deux en deux ans, par chacune des cinq académies.

Nous devons au titre de cet ouvrage, nous devons au mérite éclatant du lauréat, une analyse succincte des beaux travaux couronnés ; ils honorent la chimie française, l'Institut les a jugés dignes de sa plus haute récompense, et l'opinion publique a déclaré qu'on ne pouvait mieux choisir ; cependant, nous l'avouerons, notre embarras est grand, et nous sommes presque tenté de reculer devant la tâche qui nous incombe. Il nous faut entraîner le lecteur dans les nouvelles régions de la chimie organique ; il nous faut, abandonnant les sentiers battus de la science officielle, le conduire parmi les théories les plus nouvelles et les plus audacieuses, dont l'intérêt, si grand qu'il soit, n'apparaît qu'après de longues études. Quelle route choisir pour que le lecteur nous suive sans trop de fatigue, pour que les chimistes ne nous accusent pas d'avoir tourné autour de la montagne sans oser la gravir, et de nous être contenté d'admirer de la plaine les cimes du pays nouveau sans aborder franchement notre métier de guide, en entraînant les courageux que l'ascension n'effraye pas?... Quel... c'est assez de discours et d'hésitations, le lecteur est averti, la route est difficile, mais nous le préviendrons à tous les mauvais pas.

I

Les classifications chimiques. — Théorie dualistique. — Lavoisier. — Berzélius.— Idées des radicaux composés. — Théorie des substitutions. — Théorie des types.

Qu'une personne amie de l'ordre et de la belle ordonnance soit placée au milieu d'une collection d'histoire naturelle, et elle s'efforcera bien vite de classer les objets qui l'entourent. Si cette personne a l'esprit juste, elle cherchera à grouper à côté les uns des autres les animaux qui se ressembleront davantage ; elle réunira les oiseaux aux oiseaux, les poissons seront placés ensemble, et les quadrupèdes formeront un groupe séparé. Ce premier classement opéré, cette personne voudra sans doute s'assurer que les objets sont bien réunis d'après les analogies qu'ils présentent, et, pour cela, elle reconnaîtra bientôt qu'il est indispensable de s'armer du scalpel afin de juger non-seulement des analogies apparentes, mais aussi des ressemblances plus importantes que dévoile l'examen des organes intérieurs ; elle reconnaîtra ainsi que tous les quadrupèdes ne digèrent pas de la même façon, que les uns ont un estomac, tandis que d'autres en ont quatre; elle reconnaîtra que les oiseaux n'ont point un appareil circulatoire aussi complet que celui des mammifères ; elle pourra donc perfectionner sa classification qui ne sera plus basée seulement sur les ressemblances qui s'offrent à la vue, mais sur l'ensemble des caractères extérieurs et intérieurs.

Le chimiste, placé au milieu de la masse de substances qui s'offrent à son étude, s'efforce aussi de les classer ; mais, lorsqu'il veut opérer, comme l'avait fait l'anatomiste, et examiner la structure des corps qu'il doit grouper, il rencontre une difficulté imprévue; le scalpel et le microscope sont impuissants et ne lui apprennent rien sur la structure des corps qu'il étudie. La combinaison des matières, en proportions fixes et souvent multiples les unes des autres, lui fait bien pressentir que la matière est formée de petits atomes insecables, groupés les uns auprès des autres; il a conscience qu'il n'aura atteint son but qu'autant qu'il saura comment ces atomes sont réunis ; mais, si perçante que soit sa vue aidée des instruments les plus puissants, il n'ar-

rivera jamais à discerner l'arrangement de ces atomes. Que faire devant cette impossibilité? Ce que ferait un naturaliste qui, ayant horreur de l'anatomie, se résoudrait à étudier seulement les animaux d'après leurs mœurs, leur manière d'agir, leurs habitudes, qui, amoureux de son œuvre, entreprendrait de longs voyages afin de suivre d'un œil curieux l'animal bondissant entre les arbres de la forêt ou franchissant les buissons de la steppe. L'observation des habitudes des animaux lui permettrait d'acquérir quelques connaissances sur la structure interne de leurs organes, en voyant par exemple la mâchoire de certains mammifères s'agiter constamment, même lorsqu'ils ne prennent pas de nourriture; il pourrait en conclure que leur appareil digestif a quelque chose de particulier. Ces observations attentives, ces longs voyages auraient pour lui, au reste, un avantage sur lequel il ne comptait pas d'abord; il trouverait bientôt que la collection qu'il avait étudiée était très-incomplète, que nombre d'animaux y manquaient, et ces découvertes pourront lui susciter de nouvelles idées propres à modifier sa première classification; il reconnaîtrait ainsi que des espèces qu'il considérait comme très-différentes ont cependant des attaches communes qui le forceront à les réunir; il verrait qu'un genre qu'il croyait composé d'espèces peu nombreuses, est très-riche; il reconnaîtrait enfin souvent que sa classification, basée sur un nombre insuffisant d'observations, doit être profondément modifiée.

Le chimiste agit de même. Devant l'impossibilité où il se trouve de déterminer directement la structure interne des corps, puisque les parties dont ces corps sont formés échappent à sa vue, il sera forcé d'examiner les mœurs, les habitudes, les manières d'être des matières qu'il étudie; il les soumettra à l'action du feu, à celle de l'électricité; il les réunira dans des circonstances variées, observera l'indifférence qu'elles se témoignent, ou, au contraire, l'ardeur avec laquelle elles se combinent; bien souvent des matières nouvelles surgiront de ses efforts et pourront ainsi le guider dans ses essais de classification.

On comprend toutefois combien son œuvre est difficile; il doit deviner la structure de la matière d'après ces caractères en quelque sorte extérieurs, et suivant qu'il aura jugé qu'un de ces caractères présente une importance plus ou moins grande, il pourra en conclure que les corps qui les offrent sont construits d'une façon dé-

terminée, tandis que, plus tard, un autre observateur, attachant à tel autre signe une importance plus grande, affirmera que la première interprétation est inexacte.

Les *hypothèses* que les chimistes font sur la structure des corps, hypothèses qui leur servent comme de fils conducteurs pour se retrouver au milieu du dédale de combinaisons qu'ils rencontrent à chaque pas dans leur voyage aventureux, n'ont donc encore qu'un caractère de probabilité plus ou moins grand. Nous ne pouvons encore rien assurer sur leur complète exactitude, et nous sommes seulement conduits à approuver l'une des théories plutôt que l'autre quand nous voyons qu'elle conduit plus sûrement le chercheur à ranger les matières nombreuses, naturelles ou artificielles, dans un ordre qui permette de prévoir facilement l'ensemble de leurs propriétés.

Ces hypothèses sont assez changeantes, et, depuis que la chimie est une science constituée, on les a vues se modifier souvent.

Quand, à la fin du siècle dernier, Lavoisier exécuta sa grande réforme, il distingua nettement les corps simples des corps composés; il établit ainsi une division fondamentale dans la nature des corps; les uns sont formés par l'agrégation des molécules de même nature; les autres par l'agrégation de molécules d'espèces différentes. Cette première distinction, si importante qu'elle fût, n'était pas cependant suffisante; il fallut chercher comment étaient formés ces corps composés, comment étaient distribuées les molécules, réunies, soudées par la force d'affinité. On reconnut bientôt qu'un grand nombre de corps composés pouvaient être formés par l'agrégation de deux ou trois substances simples. Quand l'un des corps réagissants est l'oxygène, auquel cette première classification donna une importance exagérée et qu'il s'unit à certains autres principes simples en grande quantité, il donne des acides; il fournit des bases quand il s'unit avec d'autres principes en plus faible proportion. Ces acides et ces bases sont en général les uns et les autres caustiques, corrosifs; mis sur la peau, ils l'attaquent violemment, y font des plaies douloureuses, parfois mortelles; introduites dans l'économie, ces matières sont des poisons violents; mais, chose très-digne de remarque, vient-on à les unir, à les combiner, toutes ces propriétés actives disparaissent comme par enchantement, et une matière neutre, facile à manier, prend naissance. Frappés par ce phénomène de neutralisation des acides

par les bases, frappés du mode de préparation des sels par l'union de ces acides et de ces bases, frappés enfin de voir très-souvent ces acides se séparer intégralement des bases, comme si l'union qu'ils avaient contractée était moins stable que celle qui avait soudé les corps simples formant l'acide et la base, les chimistes de la fin du dix-huitième siècle considérèrent la classe nombreuse des sels comme un édifice double formé par l'union d'un acide et d'une base, qui conservent après cette combinaison leur existence individuelle.

Dans cette théorie, nommée dualistique, on se figurait donc la constitution des corps avec une grande simplicité ; les corps simples s'unissant à l'oxygène donnaient des acides ou des bases; ces acides et ces bases, mis en contact, formaient les sels dans lesquels on pouvait supposer encore l'existence de deux groupes distincts de molécules associées temporairement et pouvant encore se scinder facilement pour reproduire les deux substances primitives.

Cette théorie reçut de nouveaux développements quand Davy et Berzélius eurent démontré que des matières différentes de l'oxygène peuvent produire des acides et des bases, et il faut reconnaître qu'elle explique d'une façon satisfaisante la plupart des réactions de la chimie minérale; en d'autres termes, les principales réactions que produisent les sels peuvent très-bien s'expliquer en *supposant* qu'ils sont formés par l'agglutination des acides et des bases; aussi, la seconde théorie proposée par Berzélius n'est-elle qu'une modification de la manière de voir proposée par les chimistes français du commencement du siècle.

L'admirable découverte des métaux alcalins, exécutée par Davy en 1807 à l'aide de la pile électrique, attira vivement l'attention des savants sur les propriétés électriques des corps; frappés de voir les alcalis se décomposer en métal et oxygène, croyant que les sels se dédoublent en acide et en base[1]; se rappelant que,

[1] Cette théorie reposait sur une mauvaise interprétation : les sels se décomposent sous l'influence de la pile en oxygène et acide qui se portent au pôle positif, et en métal au pôle négatif; si l'on voit le sulfate de potasse donner, lorsqu'il est parcouru par un courant électrique, de l'acide au pôle positif et de la potasse au pôle négatif, c'est tout simplement parce que le potassium mis en liberté par la décomposition électro-lytique, décompose l'eau dans laquelle il arrive.

d'après la théorie électrique, les électricités de noms contraires s'attirent, que cette neutralisation peut produire une étincelle, c'est-à-dire un dégagement de chaleur et de lumière, Berzélius rapporta tous les phénomènes de combustion, tous les dégagements de chaleur observés dans les réactions chimiques, à la neutralisation des deux électricités l'une par l'autre. Si de l'oxygène se combine au charbon en produisant chaleur et lumière, c'est que ces deux corps simples présentent des électricités de noms contraires, qui, vivement attirées l'une vers l'autre, s'unissent pour former de l'électricité neutre au moment même où a lieu la combinaison du charbon et de l'oxygène. Les acides sont des corps électro-négatifs; les bases, des corps électro-positifs, et leur union est encore déterminée par la recomposition des électricités de noms contraires, recomposition accompagnée d'un dégagement de chaleur sensible.

Le système dualistique est donc encore tout à fait en honneur; tous les corps binaires sont ainsi formés par l'union d'une substance électro-positive et d'une substance électro-négative; tous les corps ternaires sont formés par la combinaison d'un corps binaire électro-positif avec un autre corps binaire électro-négatif[1].

On voit facilement que la théorie de Berzélius n'est que l'amplification de la théorie dualistique des chimistes précédents; Berzélius, comme Lavoisier, est frappé de deux phénomènes des plus importants : la combinaison des corps simples accompagnée souvent de flamme, la combinaison de deux corps composés souvent accompagnée encore d'un dégagement de chaleur; et, pour lui, ces dégagements de chaleur sont dus à la recomposition des deux électricités différentes que possédaient les matières réagissantes. L'affinité chimique, la force qui préside aux combinaisons, n'est pour Berzélius que l'électricité elle-même; et de même qu'il y a dans toute neutralisation électrique combinaison des deux fluides, il y a dans toute combinaison chimique neutralisation de deux corps simples ou composés qui restent juxtaposés et comme opposés l'un à l'autre.

Ces premières théories reposant sur des faits importants, usuels, ne sont, nous le répétons, en contradiction manifeste avec aucune

[1] L'oxygène ou le soufre existant dans les deux substances binaires, le produit est ternaire seulement.

observation saillante de la chimie minérale, et elles ont eu la plus grande influence sur les premiers essais de classification qui furent entrepris en chimie organique.

Quand on étudie les combinaisons dans lesquelles entre un même métal, on est frappé de leur air de famille ; on voit que tous les sels de cuivre sont bleus ou verts, les sels de nickel verts encore, ceux de cobalt et de manganèse sont roses ; si on n'hésite pas à reconnaître l'existence d'une même matière dans l'azotate et le sulfate de cuivre, on reconnaîtra de même, en observant avec attention, certaines ressemblances dans les dérivés nombreux que donne un alcool comme l'esprit-de-vin, et on ne pourra manquer de supposer qu'ils ont quelque chose de commun ; cette observation étendue à d'autres cas analogues fut l'origine de la théorie des radicaux composés qui a rendu à la science de grands services. Elle reposait sur une observation d'une haute importance de Gay Lussac. En 1814, il fournit le premier exemple d'une molécule complexe se conduisant dans nombre de cas comme le ferait un corps simple, le cyanogène formé de charbon et d'azote s'unit aux métaux, aux corps comburants à la façon du chlore, du brome et de l'iode[1]. On conçoit combien cette découverte devait modifier les idées sur la constitution même de la matière, et quelle influence elle devait avoir sur les classifications. Nous avons rappelé, dans un article publié dans la troisième année de ce recueil, quelles espérances cette découverte fit entrevoir ; aujourd'hui nous voulons seulement montrer comment cette découverte de Gay Lussac est l'origine des théories dont nous devons présenter les développements. Le cyanogène ne resta pas longtemps le seul exemple d'un radical composé, et le beau travail sur le cacodyle que publia au commencement de sa carrière scientifique, un des savants les plus illustres de l'Allemagne, M. Bunsen[2], démontra de nouveau qu'un corps composé peut jouer le rôle d'un corps simple. Ce nouveau fait eut une importance capitale, quand on voulut transporter en chimie organique le système de classification adoptée en chimie minérale. On n'avait plus là de matières simples différentes les unes des autres comme centres des divers groupes à ordonner,

[1] Voyez dans le 3e volume de l'*Annuaire*, la *Transmutation et la chimie moderne*.

[2] Voyez dans le premier volume de l'*Annuaire*, l'*Analyse chimique de l'atmosphère du soleil*.

on ne pouvait plus réunir tous les sels autour du métal commun qu'ils renferment, puisque ces matières étaient toutes formées par l'union des deux, trois ou quatre corps simples, charbon, hydrogène, oxygène et azote ; on *imagina* alors que chacun des groupes dérivés d'une même matière, comme les différents éthers de l'esprit-de-vin par exemple, renfermaient un radical commun, un hydrogène carboné jouant le rôle d'un corps simple ; on supposa dans toutes les matières organiques dérivées des alcools, l'existence d'une molécule complexe pouvant se conduire comme un métal ; c'est ainsi que l'éther ordinaire formé de charbon, d'hydrogène et d'oxygène fut considéré comme étant dû à l'union d'un hydrogène carboné qu'on nomma l'éthyle avec l'oxygène ; il devint l'oxyde d'éthyle, l'alcool, l'hydrate d'oxyde d'éthyle, etc.

Il aurait fallu à ces idées une sanction expérimentale qui lui a toujours manqué ; il aurait fallu isoler ces radicaux, ces noyaux, comme on isole les métaux eux-mêmes, et les combiner directement avec les corps simples pour produire les oxydes, chlorures d'éthyle, comme on produit de l'oxyde ou du chlorure de cuivre, de l'oxyde ou du chlorure de fer, avec ces métaux et de l'oxygène ou du chlore.

On n'y réussit : pas M. Cahours en a fait entrevoir les raisons dans plusieurs beaux mémoires que nous avons analysés ici même [1].

Malgré cet échec la théorie des radicaux composés persista dans la science comme présentant au moins de grandes facilités dans l'enseignement, et nous allons voir quels développements considérables elle a reçus dans ces dernières années.

On ne tarda pas toutefois à reconnaître que la théorie dualistique introduite dans la chimie organique dont les matières présentaient encore cet édifice régulièrement équilibré des combinaisons minérales, était insuffisante pour expliquer les faits nouveaux que des expérimentateurs infatigables mettaient continuellement au jour.

Dès 1834, M. Dumas, confirmant une première observation de Gay Lussac sur l'action qu'exerce le chlore sur l'essence de térébenthine, reconnut que lorsqu'un certain volume de chlore se fixe, sur ce carbure d'hydrogène, il en dégage un volume d'hydro-

[1] *La transmutation et la chimie moderne*, 3e année de l'*Annuaire*.

gène précisément égal au sien; de cette expérience capitale le savant chimiste put conclure que lorsqu'une substance organique hydrogénée est soumise à l'action d'un corps déshydrogénant, elle s'approprie une portion de ce corps, équivalente à celle de l'hydrogène qu'elle perd.

Cette conclusion appuyée bientôt par les remarquables recherches de M. Regnault sur la liqueur des Hollandais [1], fut mise hors de doute, mais suscita les plus violents orages. L'école allemande et suédoise, qui jouissait jusqu'alors d'une douce quiétude après de pénibles labeurs, qui regardait d'un œil satisfait l'édifice régulier qu'elle avait établi, fut particulièrement hostile à cette nouvelle manière de voir. Eh quoi! Un corps électro-négatif comme le chlore, une substance comburante, peut chasser l'hydrogène d'une combinaison et le remplacer, cela est contraire à toute probabilité, un corps électro-négatif ne peut s'introduire dans une molécule complexe qu'à la place d'un corps électro-négatif; croire le contraire, c'est vouloir renverser les théories les plus certaines et les faits les mieux établis!

La guerre était déclarée, elle fut longue et brillante, et ce n'est pas sans quelque regret de ces beaux combats dont l'écho arrive jusqu'à nous, que nous voyons maintenant les communications s'accumuler sans bruit sur le bureau de nos académies, au milieu de l'indifférence des travailleurs occupés à une recherche spéciale et dédaigneux des luttes théoriques qui ont passionné nos pères. Quand on parcourt aujourd'hui les recueils presque oubliés, témoins de la polémique vigoureuse alors entamée, on reste convaincu que ces discussions sont utiles au progrès de la science et qu'elles déterminent dans les esprits animés par la lutte des efforts qui n'eussent pas été faits sans elles.

En France, le fort du combat fut particulièrement soutenu par M. Dumas, et par deux hommes hors ligne, mort jeunes l'un et l'autre dans toute la force du talent, et qui n'en ont pas moins laissé un nom impérissable, par Laurent et Gerhardt [2].

[1] Combinaison de l'hydrogène bicarboné avec le chlore, formulée $C^4H^4Cl^2$.

[2] Laurent est né en 1807 à la Folie, près de Langres. Après avoir terminé ses études à l'école des Mines en qualité d'élève externe, il travailla plusieurs années dans le laboratoire de M. Dumas où il prit le goût des recherches de chimie organique. Nommé en 1838 à la chaire de chimie de la Faculté des sciences de Bordeaux, il se lassa bientôt de la vie de province et revint à

En 1837, Laurent présenta à la Faculté des sciences de Paris un mémoire remarquable sur la naphtaline; il y montrait que cette matière formée de charbon et d'hydrogène pouvait perdre une certaine quantité de ce dernier gaz, le remplacer par du chlore, par du brome, par de l'iode sans que l'ensemble des propriétés fût changée. Pour faire comprendre comment cette curieuse métamorphose pouvait avoir lieu, Laurent, abandonnant le système dualistique, employait une image saisissante, il figurait la naphtaline $C^{20}H^{8}$, comme un cube formé au centre par les 20 molécules de charbon agglutinées les unes aux autres et maintenues par les 8 molécules d'hydrogène formant les 8 angles solides du cube; or les expériences de Laurent montraient qu'il était possible de remplacer une, deux, trois ou quatre parties d'hydrogène, par une, deux, trois ou quatre parties de chlore, sans que l'ensemble des propriétés fût changé; il croyait donc que le cube naphtalique conservait sa forme quand un des angles solides formé d'hydrogène était remplacé par un angle solide de chlore; le cube était encore conservé quand deux, trois ou quatre angles d'hydrogène étaient remplacés par du chlore, du brome ou de l'iode; on avait donc là

Paris où il obtint, en 1848, la place d'essayeur à la Monnaie qu'il occupait encore quand il mourut en 1853. Esprit élevé, puissant, manquant de clarté, Laurent a laissé un grand nombre de mémoires d'une haute importance et un ouvrage non terminé: sa *Méthode* de chimie où se voient des aperçus d'une grande profondeur, malheureusement présentés sous un langage obscur, qui a singulièrement nui à leur succès.

Gerhardt est né à Strasbourg en 1816. Il étudia d'abord en Allemagne au laboratoire de M. Liebig, puis vint à Paris en 1838, où il travailla avec M. Cahours au laboratoire de M. Chevreul; d'une puissance de travail à toute épreuve, Gerhardt a non-seulement composé nombre de mémoires des plus remarquables sur les combinaisons organiques, mais il a écrit deux traités importants: l'un le *Précis de chimie organique* où il a essayé de grouper les substances organiques en séries régulières *, l'autre le *Traité de chimie organique*, œuvre considérable, qu'il termina peu de temps avant sa mort arrivée en 1856. Gerhardt était alors professeur à la Faculté des sciences et à l'École de pharmacie de Strasbourg, postes importants qu'il avait obtenus après un séjour pénible de plusieurs années à Paris où il était revenu après avoir quitté la Faculté des sciences de Montpellier.

Laurent et Gerhart laissaient en mourant leur famille sans ressources; la Société des Amis des sciences, fondée par la généreuse initiative de Thénard, vint au secours de ces glorieuses infortunes, en faisant à madame veuve Laurent et à madame veuve Gerhardt de modestes pensions.

* Voyez dans le 2e volume de l'*Annuaire*, *Deux alcools nouveaux*.

un exemple d'un arrangement de molécule tout nouveau ; on voyait que s'il était possible de représenter un certain nombre de matières minérales par un édifice double dont les deux parties juxtaposées, douées d'électricités différentes, se faisaient contre-poids comme le demandait la théorie dualistique, il était des substances organiques qui résistaient complétement à ce mode de groupement, puisque l'introduction d'une quantité considérable d'un corps électro-négatif comme le chlore, le brome, etc., ne changeait en rien la structure générale de la matière.

Cette découverte importante de Laurent contribua à fixer la théorie des *types* qui tire évidemment son origine des travaux de M. Dumas sur la substitution ; l'idée importante ajoutée par Laurent fut que l'hydrogène déplacé par le chlore est non-seulement remplacé par un volume équivalent de chlore, mais que de plus le chlore vient prendre exactement la place de l'hydrogène, de façon que le type primitif, la forme genérale, est conservé. Dans un cube formé de huit dés blancs on peut, d'après M. Dumas, enlever un dé blanc et ajouter un dé bleu, et de plus, d'après Laurent, le dé bleu vient se loger à la place vide laissée par le dé blanc pour conserver à la masse totale la forme cubique qu'elle avait d'abord. — Cette idée d'un type permanent, se conservant, encore que les molécules d'une espèce soient remplacées par des molécules d'autre nature, reçut bientôt l'appui de découvertes nombreuses ; et au premier rang se place celle de l'acide chloracétique de M. Dumas, qui montra qu'il était possible de remplacer dans l'acide acétique trois parties d'hydrogène par trois parties de chlore, sans que la nature même de l'acide acétique fût complétement modifiée, sans que le type eût été altéré.

Dans le premier effort de la lutte, les adversaires du système dualistique voulurent prohiber, dans les formules symboliques qui représentent la composition du corps, tout arrangement ; aussi, pour les distinguer des chimistes restés fidèles aux anciennes idées, les désignait-on sous le nom d'unitaires, les formules dont ils faisaient usage n'étant plus formées de deux parties distinctes. Ils rejetèrent même l'hypothèse des radicaux composés ; rappelant l'impuissance où l'on avait été de les isoler, ils définissaient la chimie organique qui en faisait un usage peut-être abusif, la science des corps, qui n'existe pas ; ces premiers écarts ne durèrent pas ; M. Dumas, comparant les corps composés de plusieurs

molécules à un système planétaire dans lequel des atomes gravitaient les uns autour des autres, n'hésita pas à déclarer que pour lui, non-seulement un de ces atomes simples pouvait être remplacé par un autre atome simple sans détruire le système, mais encore par une molécule complexe : développement important, car il a frayé la route aux idées actuelles concernant la substitution de radicaux composés, minéraux ou organiques à des éléments.

Dès cette époque, M. Dumas avait compris que dans cette théorie reposait l'explication d'un grand nombre de faits encore mal interprétés, et il voyait une longue série de recherches à entreprendre; aussi quand il eut exposé à M. Ampère les idées que lui suscitaient ses découvertes récentes : « Que je vous plains, mon ami, lui fut-il répondu, vous venez de trouver du travail pour toute votre vie! »

II

Extension de la théorie des types. — Découvertes des ammoniaques composées. — M. Wurtz.— M. Hoffmann.— Idées des radicaux polyatomiques. — M. Williamson. — Alcools polyatomiques. — Anciens travaux de M. Chevreul. — Classification des corps gras.— M. Berthelot. — Découvertes des alcools biatomiques ou glycols.

En 1849, la théorie des types que nous avons exquissée plus haut avait donc pénétré dans la science, mais elle y occupait peu de place; et si quelques esprits éminents voulaient la prendre pour guide dans le dédale que commençait à présenter la chimie organique, d'autres, au contraire, et fort nombreux, la considérait comme une manière de voir ingénieuse, destinée sans doute à être bientôt oubliée, quand une remarquable découverte de M. Wurtz vint tout à coup lui donner un puissant appui ; en traitant les éthers cyaniques par la potasse, M. Wurtz obtint des gaz qui, au premier abord, présentent tous les caractères du gaz ammoniac, odeur forte et piquante, grande solubilité dans l'eau, alcalinité prononcée, et qu'on pourrait confondre avec le gaz ammoniac ordinaire si l'analyse n'y démontrait la présence d'un hydrogène carboné ; M. Wurtz vit dans ces nouveaux produits des variétés du type ammoniac et les représenta d'une façon élégante par du gaz ammoniac dans lequel un équivalent d'hydrogène

est remplacé par un équivalent d'hydrogène carboné[1] ; cette réaction réussit avec tous les éthers cyaniques, de sorte qu'on put obtenir autant d'ammoniaques composées qu'il y a d'alcools différents.

On voit qu'en admettant avec M. Wurtz que tous ces composés sont de l'ammoniaque, dans laquelle une partie d'hydrogène est remplacée par un hydrogène carboné, il faut, comme l'avait fait M. Dumas, supposer qu'un corps complexe, un radical peut remplacer un corps simple sans changer l'ensemble des propriétés. Cette première découverte de M. Wurtz présentait donc déjà le plus grand intérêt ; elle reçut toutefois un développement considérable des travaux de M. Hoffmann qui, employant une méthode différente de celle de M. Wurtz, put constater que dans l'ammoniaque il est possible de remplacer non-seulement une des parties d'hydrogène mais successivement deux et même trois parties d'hydrogène, soit par le même hydrogène carboné[2], soit par plusieurs hydrogènes carbonés; ces découvertes vinrent apporter à la théorie des types le plus solide appui, et un esprit entreprenant, très-ingénieux et très-hardi, Gerhardt, ne se défendant peut-être pas assez contre l'enthousiasme qui saisit l'homme pas-

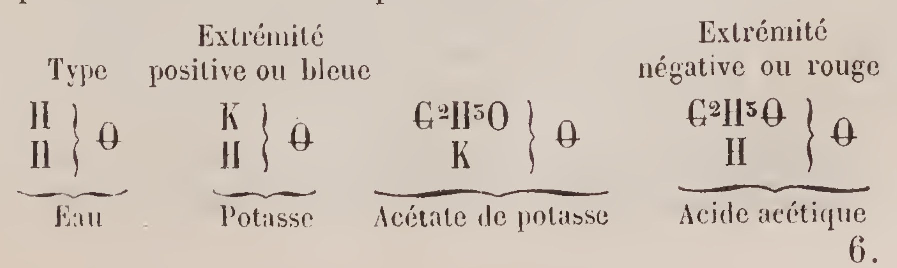
[1] Le gaz ammoniac ordinaire peut être représenté par la formule $Az\left\{\begin{matrix}H\\H\\H\end{matrix}\right.$, les composés obtenus par M. Wurtz en traitant l'éther éthylcyanique par la potasse, sera $Az\left\{\begin{matrix}H\\C^4H^5\\H\end{matrix}\right.$ qu'il appelle éthylamine, celui qu'il fait en traitant par la potasse, l'éther méthylcyanique $Az\left\{\begin{matrix}H\\C^2H^3\\H\end{matrix}\right.$, méthylamine, celui qu'il obtient avec l'éther amylcyanique sera $Az\left\{\begin{matrix}H\\C^{10}H^{11}\\H\end{matrix}\right.$, amylamine.

[2] Il est possible d'obtenir la diéthylamine $Az\left\{\begin{matrix}H\\C^4H^5\\C^4H^5\end{matrix}\right.$, la triéthylamine $Az\left\{\begin{matrix}C^4H^5\\C^4H^5\\C^4H^5\end{matrix}\right.$; on peut enfin préparer une ammoniaque renfermant trois hydrogènes carbonés différents, telle que la méthyléthylpropylamine $Az\left\{\begin{matrix}C^2H^3\\C^4H^5\\C^6H^7\end{matrix}\right.$

sionné et convaincu quand le travail lui découvre de nouveaux horizons, n'hésita pas à considérer tous les composés de la chimie comme dérivant de quatre types principaux ; pour lui l'hydrogène, l'acide chlorhydrique, l'eau, le gaz ammoniac, sont les types primitifs à l'aide desquels on peut représenter toutes les substances connues naturelles ou artificielles ; les métaux appartiennent au type du corps simple, au type hydrogène ; dans ce moule unique représentant la matière à son plus grand état de simplicité, on jette des molécules d'espèces différentes et on a des métaux différents, constitués toutefois de la même façon ; le type eau, un des plus importants, renfermait les acides, les bases et les sels ; un exemple fera comprendre la manière de voir de Gerhardt : si on jette du potassium dans l'eau on obtient de l'hydrate de potasse, c'est-à-dire une matière qui dérive de l'eau par remplacement de l'hydrogène par du potassium, on peut donc considérer l'hydrate de potasse comme dérivant de l'eau par substitution du potassium à l'hydrogène ; les acides seront engendrés par la substitution d'un radical complexe à une des molécules d'hydrogène, et ils formeront l'extrémité de la grande ligne horizontale sur laquelle seront rangées toutes les combinaisons dérivant du type eau : l'extrémité rouge si l'on veut par opposition à l'extrémité bleue où se trouvera la potasse ; au milieu dans la région du violet on mettra tous les corps neutres, tous les sels dérivant encore du type eau par substitution du métal à l'hydrogène qui reste encore après le remplacement d'un des deux volumes de ce gaz contenus dans l'eau, par le radical oxygéné de l'acide ; les alcools et les éthers appartiendront encore à ce type extrêmement étendu [1].

Le type ammoniaque n'est pas moins varié ; à l'extrémité bleue il renferme cette masse immense de composés dont les premiers dérivés sont dus à MM. Wurtz et Hoffmann et qui se sont singu-

[1] Les personnes familiarisées avec les notations chimiques de Gerhardt dans lesquelles les lettres barrées représentent des équivalents doubles de ceux qu'on emploie habituellement comprendront les formules suivantes :



lièrement accrus aujourd'hui; tellement que, d'après le calcul de M. Berthelot, le nombre des ammoniaques qu'il est possible de préparer est aujourd'hui de 3,875. A l'autre extrémité seront placés les dérivés du type ammoniaque dans lequel l'hydrogène aura été remplacé par un radical complexe oxygéné.

On voit qu'ici le point de vue est complétement changé; on ne suppose plus, comme précédemment, que tous les corps sont dus à l'union des molécules simples ou complexes réunies deux à deux, trois à trois, de façon à former des édifices plus complexes, mais dans lesquels se retrouvent toujours l'ordonnance binaire; on imagine que tous les corps sont formés d'après un petit nombre de types; la matière est jetée dans un petit nombre de moules; et malgré la différence des matières qui entrent dans ces moules, malgré les apparences assez diverses que présentent les produits qui sortent de cette grande fonderie naturelle, on peut encore retrouver, sous leur diversité d'aspect, des analogies qui indiquent une origine commune.

Cette idée est-elle nouvelle dans les sciences naturelles? Non, elle est née en zoologie pour passer ensuite sur le terrain de la chimie; il y a longtemps que l'école des Lamark, des Geoffroi Saint-Hilaire et des Blainville a remarqué que tous les animaux paraissent être construits d'après un plan uniforme, modifié suivant les conditions dans lesquelles l'animal est appelé à vivre. Existe-t-il beaucoup de types pour le règne animal? non, tous les vertébrés sont construits sur un plan unique et les passages d'une forme à l'autre sont insensibles; il y a entre eux, au premier abord, des différences profondes qui s'effacent cependant quand on s'efforce de considérer l'ensemble de leur structure.

Au premier abord rien n'est plus différent qu'un oiseau et un mammifère; et, cependant, si on y regarde de plus près, si on examine le système circulatoire, le système nerveux, le squelette, on découvre bientôt des ressemblances capitales; on voit comment, à l'aide de modifications peu profondes, on peut passer de l'une des formes à l'autre, et on reconnaît que les deux animaux appartiennent au grand type vertébré. Comparons de même, avec les chimistes qui soutiennent la théorie des types, l'acide azotique et l'acide acétique, nous les trouvons sans doute bien différents, mais nous concevons qu'ils puissent être dérivés du même type; ces chimistes, nous l'avons vu, veulent encore que les sels, que

les bases dérivent de ce même type primitif, mais ils rencontrent plus d'opposition parce que les fonctions exercées par ces matières, leur manière d'être, leurs habitudes sont complétement différentes; et dans l'impossibilité où nous sommes de savoir comment, en réalité, les molécules sont arrangées, nous voudrions que des arrangements analogues se traduisissent au dehors par des fonctions semblables, et non par des propriétés complétement différentes.

Quoi qu'il en soit, la théorie des types ne manque pas de grandeur; elle a l'avantage de rapprocher l'étude des corps bruts de celle des êtres vivants et de faire supposer que la même simplicité préside à leur structure; malheureusement elle laisse considérablement de faits en dehors. Elle représente un acide comme une matière renfermant toujours de l'hydrogène, puisque cet acide dérive de l'eau par substitution d'un radical à une des parties d'hydrogène, tandis qu'il existe des composés très-nettement acides, tels que les acides silicique, carbonique, sulfureux qui sont formés par l'union d'un corps simple avec l'oxygène; toutefois cette classification a rendu de grands services, elle s'est montrée surtout extrêmement féconde et a fourni entre les mains de M. Wurtz une seconde découverte capitale aussi brillante que celle des ammoniaques composées.

Malgré l'élasticité que présentaient les types précédents, ils ne comprenaient que difficilement un certain nombre de composés à constitution complexe; ils n'indiquaient pas, notamment, d'où dérivaient les acides biatomiques; on sait que les chimistes ont distingué des acides qui s'unissent avec une seule partie de base, ceux qui peuvent contracter des unions avec deux parties de la même base ou deux bases d'espèces différentes; à côté des acides monogames si l'on veut comparer l'union des bases et des acides à un mariage, on rencontre des acides bigames; or, d'après les chimistes de l'école de Gerhardt, un acide est monobasique, parce qu'il a une partie d'hydrogène à remplacer par une partie de métal, ainsi l'acide acétique formulé $\left.\begin{matrix} Ꞓ^2H^3Θ \\ H \end{matrix}\right\} Θ$ peut remplacer l'équivalent d'hydrogène isolé par un équivalent de potassium, de sodium, etc., il est monobalique; mais comment pourrons-nous représenter l'acide sulfurique qui est biatomique? On était fort embarrassé, quand se présenta l'idée que ces composés difficiles à classer appartenaient à des *types condensés;* on ima-

gina que deux molécules d'eau pouvaient se souder l'une à l'autre quand une matière *biatomique* venait se substituer à deux atomes d'hydrogène et rivaient ainsi l'un à l'autre les résidus formés encore de deux parties d'hydrogène et de deux parties d'oxygène. M. Williamson eut l'heureuse idée de représenter l'acide sulfurique par deux molécules d'eau $\left.\begin{matrix} H \\ H^2 \\ H \end{matrix}\right\} \Theta^2$ soudées l'une à l'autre par la substitution du radical $S\Theta^2$ à deux molécules d'hydrogène, cet acide devient $\left.\begin{matrix} H \\ S\Theta^2 \\ H \end{matrix}\right\} \Theta^2$, et il faut reconnaître que cette formule fait prévoir un grand nombre de métamorphoses importantes : on voit immédiatement que cet acide est biatomique, qu'il peut donner naissance à des sels acides, à des sels à deux métaux, puisqu'il reste dans cette molécule complexe deux parties d'hydrogène susceptibles d'être remplacées par des métaux ; c'est ainsi qu'on aurait : $\left.\begin{matrix} K \\ S\Theta^2 \\ H \end{matrix}\right\} \Theta^2$ pour le bi-sulfate de potasse, $\left.\begin{matrix} K \\ S\Theta^2 \\ K \end{matrix}\right\} \Theta^2$ pour le sulfate neutre de potasse, $\left.\begin{matrix} K \\ S\Theta^2 \\ Cu \end{matrix}\right\} \Theta^2$ pour le sulfate de potasse et de cuivre ; qu'enfin, il peut se décomposer en acide sulfureux, en eau et en oxygène.

On se demandera toutefois de quel droit on peut remplacer deux molécules d'hydrogène par la molécule complexe de $S\Theta^2$; de quel droit on considère cette molécule $S\Theta^2$ comme pouvant jouer le rôle de deux molécules d'hydrogène. En s'appuyant sur les considérations précédentes, cette cause n'est pas difficile à déterminer ; nous avons dit que l'eau était représentée par le symbole de $\left.\begin{matrix} H \\ H \end{matrix}\right\} \Theta$, c'est-à-dire que deux volumes d'hydrogène s'y combinent avec un seul volume d'oxygène ; ne peut-on pas en conclure, si l'on admet que des volumes égaux de gaz renferment des volumes égaux d'atome, que l'oxygène doit présenter une structure différente de l'hydrogène puisqu'il est capable de

s'unir avec deux molécules d'hydrogène; si nous employons une métaphore qui ferait comprendre notre idée, nous pourrions dire que l'atome d'oxygène est dans cette combinaison bigame, qu'il est capable de contracter alliance avec deux atomes d'hydrogène avec lesquels il constitue l'eau. Or, cet oxygène bigame se combine avec le corps SO^2 l'acide sulfureux pour former l'acide sulfurique : ne pourrait-on pas en conclure que l'acide sulfureux qui peut s'unir à l'oxigène biatomique en remplaçant deux molécules d'hydrogène, est lui-même double comme les deux molécules d'hydrogène qu'il remplace; ne pourrait-on pas dire que l'acide sulfureux est biatomique, qu'il remplace dans une partie d'eau deux parties d'hydrogène, et que dans deux parties d'eau il remplacera encore deux parties d'hydrogène.

Cette idée des types condensés permet de formuler encore nombre de substances importantes; c'est ainsi que toute la famille des urées, plus nombreuses encore que celle des ammoniaques, fut classée dans le type ammoniaque deux fois condensé.

La découverte des glycols ou alcools biatomiques vint encore donner à ces idées un nouveau développement. On sait que les alcools, qui, d'après les chimistes unitaires, dérivent encore du type eau [1], tels que l'esprit-de-vin, l'esprit-de-bois, l'huile de pomme de terre, sont susceptibles de se combiner avec une seule partie d'acide, ils sont mono-atomiques, pour employer l'expression exacte; on pourrait, si l'on voulait reprendre l'idée énoncée plus haut, les considérer comme monogame, comme capables, par conséquent, de retenir un seul atome d'acide et de former une seule alliance comme le font certains animaux qui vivent par paires. Mais tous les alcools ne sont pas aussi réservés.

M. Chevreul, dans ses mémorables recherches sur les corps gras publiées il y a maintenant cinquante ans, avait montré qu'au moment de la saponification des corps gras en glycérine et en acide gras, décomposition qui étudiée avec soin est devenue l'origine de l'industrie stéarique, il y a fixation d'une certaine quantité d'eau; plus tard, MM. Dumas et Boullay montrèrent que dans la décomposition des éthers fournis par les alcools ordinaires, il y a de la

[1] Type $\left.\begin{matrix}H\\H\end{matrix}\right\}O$ (Eau) — $\left.\begin{matrix}C^2H^5\\H\end{matrix}\right\}O$ (Esprit-de-vin) — $\left.\begin{matrix}C^5H^{11}\\H\end{matrix}\right\}O$ (Huile de pomme de terre)

même façon fixation d'eau, et ils établirent ainsi une première analogie entre les corps gras et les éthers composés ; toutefois c'était à M. Berthelot que devait revenir l'honneur de montrer que les corps gras sont de véritables éthers composés d'un alcool particulier, la glycérine qui se distingue des alcools connus jusqu'alors en ce qu'elle est capable de s'unir, non plus avec une seule, mais bien avec trois parties d'acide.

Des faits analogues existaient déjà dans la science, mais pour d'autres classes de composés. M. Graham avait montré depuis longtemps que l'acide phosphorique est capable de s'unir à trois parties de base, qu'il est trigame pour ainsi dire, si l'on veut continuer à comparer la combinaison d'un acide et d'une base à un mariage; entre cet acide trigame et les acides semblables à l'acide azotique, à l'acide acétique et monogame, s'unissant à une seule partie de base, se placent des acides bigames comme l'acide sulfurique, l'acide tartrique, etc.; peut-il de même exister entre les alcools monogames, comme l'esprit-de-vin et l'esprit-de-bois susceptibles de s'unir avec une seule partie d'acide, et la glycérine alcool trigame, une classe de composés intermédiaires, bigames, pour conserver la même comparaison ? M. Wurtz le pensa, et en donna la preuve expérimentale ; mais ce qui, pour lui, présente une plus grande importance que cette découverte même, c'est la constitution de ces composés dans laquelle il découvre un radical diatomique capable de souder l'une à l'autre les deux parties d'eau d'où dérive par substitution la nouvelle matière. Ces combinaisons devaient avoir pour M. Wurtz une origine biatomique, les alcools capables de s'unir avec deux atomes d'acide devaient se montrer toujours escortés de deux atomes, maintenus par la double affinité qui caractérise la biatomicité ; or, il existe une matière qui présente ce caractère ; on la forme en combinant directement l'hydrogène bi-carboné, le gaz oléfiant, au chlore ; cette matière, découverte au siècle dernier par une réunion de chimistes hollandais, est connue sous le nom de liqueur des Hollandais ; M. Wurtz, en la décomposant ou en employant de préférence un produit analogue renfermant de l'iode au lieu de chlore, par de l'acétate d'argent, obtint un liquide qui traité enfin par la potasse caustique donna le *glycol* ou alcool biatomique, dont le nom rappelle à la fois la glycérine et l'alcool, entre lesquels il vient se placer.

Cette découverte exécutée il y a déjà sept ou huit ans, a eu

dans la science le plus grand retentissement; elle a permis de classer un grand nombre de matières, encore isolées au milieu de la chimie organique et n'appartenant pas à un groupe déterminé; l'acide oxalique, l'acide lactique étaient du nombre : ils n'avaient aucune place régulière; ils viennent aujourd'hui se placer nettement à côté des glycols dont ils dérivent par oxydation comme l'acide acétique ou l'acide formique dérivent de l'esprit-de-vin ou de l'esprit-de-bois. Et non-seulement ces composés sont classés d'après des expériences précises qui permettent de les préparer à l'aide des glycols correspondants, mais encore M. Wurtz rattache l'ensemble de leurs propriétés à une cause déterminée; il affirme qu'ils sont biatomiques parce qu'ils dérivent de deux molécules d'eau soudées l'une à l'autre par un radical biatomique qui se retrouve dans l'acide, comme dans le glycol qui peut fournir cet acide par oxydation [1].

Si nous reprenons la comparaison employée au commencement de cet article, nous voyons que M. Wurtz, en cherchant à classer les matières qui se présentaient à son étude, a rempli son programme et au delà; ses voyages au travers des réactions chimiques lui ont permis de faire connaître deux classes de composés des plus intéressants; les uns étendent la famille de l'ammoniaque, en font un groupe extrêmement nombreux, extrêmement curieux, qui, malgré les travaux longtemps poursuivis dans la direction donnée par M. Wurtz, est loin d'être complet; cette première découverte lui a fait entrevoir non-seulement les dispositions excessives à la variation que présente ce groupe prodigieusement nombreux, il a même donné une sorte de preuve de l'existence de types bien définis, persistant malgré la diversité des matières qui y étaient introduites; quelques années plus tard, guidé par ses idées théoriques, M. Wurtz découvre une classe de composés curieux par leurs habitudes : ces composés qui, appartenant à la classe des alcools, se distinguent de tous ceux qu'on avait étudiés jusqu'alors en ce qu'ils s'unissent toujours à deux atomes de corps différents, en ce qu'ils sont diatomiques; M. Wurtz, enfin, ne se contente pas de trouver ces faits, il veut, et c'est là, en effet, le rôle du chimiste, conclure des habitudes de ces composés à leur constitution, il veut pénétrer leur struc-

[1] Voyez dans le deuxième volume de l'*Annuaire* deux alcools nouveaux.

ture, et y trouver la cause des réactions qu'ils présentent; cette cause, il affirme la connaître, ces corps sont diatomiques, sont susceptibles de s'unir à deux atomes d'un corps étranger, parce qu'ils appartiennent à un type condensé; de même qu'on voyait dans l'acide sulfurique $\left.\begin{matrix} H \\ SO^2 \\ H \end{matrix}\right\} O^2$ appartenant au type $\left.\begin{matrix} H^2 \\ H^2 \end{matrix}\right\} O^2$, les propriétés d'un corps diatomique à cause de la présence de deux molécules d'hydrogène susceptibles d'être remplacées par deux métaux, de même on trouve dans le glycol $\left.\begin{matrix} H \\ C^2H^4 \\ H \end{matrix}\right\} O^2$ ces mêmes propriétés, car il y a encore là deux atomes d'hydrogène susceptibles d'être remplacés par du sodium, par les radicaux des acides, etc.

Il faut distinguer, en terminant, les faits, des interprétations; M. Wurtz a attaché son nom à deux des grandes découvertes chimiques des vingt dernières années : la préparation des ammoniaques composées et celle des glycols; à sa suite, et dans sa voie, nombre de chimistes se sont engagés et ont recueilli une ample moisson de faits nouveaux; M. Wurtz est actuellement le seul chimiste français qui ait une école et qui ait trouvé des idées assez fécondes pour employer à leur démonstration tous les jeunes courages qui se groupent autour de lui. — Toutes ces idées sont-elles exactes? C'est ce que l'avenir seul jugera; mais, dès aujourd'hui, on ne saurait nier qu'elles possèdent au plus haut point la plus précieuse des qualités : celle de conduire à la découverte de faits nouveaux.

P. P. DEHÉRAIN.

PHYSIQUE DU GLOBE

I

LES PROGRÈS DE LA MÉTÉOROLOGIE [1]

> L'époque où nous vivons est par excellence celle des grandes applications des sciences au bien-être des peuples.
>
> Is. Geoffroy Saint-Hilaire.

I

« La météorologie est cette partie de la physique qui s'occupe des phénomènes et des modifications de l'atmosphère pour les analyser, et en chercher l'explication. Plongés au fond de l'océan atmosphérique dont la terre est enveloppée, nous sommes témoins des changements qui s'y opèrent incessamment. Sereine ou couverte, froide ou chaude, calme ou agitée, l'atmosphère exerce une puissante influence sur tous les êtres organisés. Il n'est point d'homme qui ne se soit demandé quelle est la cause de ces variations continuelles. Ce n'est pas uniquement le désir de savoir qui le pousse à cette recherche; mais pour l'agriculteur, le marin, l'industriel, le médecin, ces questions sont souvent de la plus haute importance. Notre bien-être physique et moral dépend en grande partie de l'état atmosphérique [2]. »

[1] *L'Annuaire* ayant déjà publié en 1862 et 1863 deux articles de M. W. de Fonvielle, sur l'application de la télégraphie électrique à la prévision du temps, un des plus remarquables progrès de la météorologie, nous avons pu nous renfermer dans d'étroites limites en revenant sur le même sujet, et nous contenter parfois de simples indications, que le lecteur pourra compléter en consultant l'intéressant travail de notre collaborateur.

[2] Kaemtz. — *Cours de météorologie*, traduit et annoté par Ch. Martins.

Nous ne perdrons pas de vue cette juste pensée en résumant ici les récents progrès de la météorologie, dus principalement au concours d'un plus grand nombre d'observateurs, puissamment aidés par l'emploi du télégraphe électrique. « Nul phénomène n'est isolé, dit très-bien M. Kaemtz ; il est toujours lié à ceux de l'atmosphère tout entière. Mais quel homme pourrait se flatter de réunir toutes ces observations ; et, s'il les possédait, aurait-il le temps de les combiner de manière à en extraire tous les résultats qu'elles contiennent? Des sociétés protégées par les gouvernements peuvent seules entreprendre cette tâche, et c'est dans l'association qu'est l'avenir de la météorologie. »

Écrites il y a quinze ans, ces lignes indiquaient les premières conditions de progrès pour une science dont le développement tient surtout, comme celui de toutes les autres branches de la physique, à la coordination de longues séries d'observations, qui permettront d'arriver à la connaissance des lois auxquelles les phénomènes obéissent. La prévision de ces phénomènes dépend essentiellement d'une telle connaissance, et c'est à la France que revient l'honneur d'avoir la première entrevu la fécondité des applications que favorisaient à la fois d'ingénieuses découvertes, et le rapide progrès de la civilisation.

Nous devons à l'obligeance de M. Marié Davy, directeur du service météorologique à l'Observatoire impérial, la communication suivante : « On trouve dans les travaux de Lavoisier que la prévision du temps, 24 ou 48 heures à l'avance, l'avait préoccupé très-sérieusement ; qu'après plusieurs conférences à ce sujet avec Laplace, d'Arcy, de Vandermonde, de Montigny, on avait construit des instruments comparables, et qu'on les avait installés dans divers châteaux où plusieurs se retrouvent encore. — Lavoisier termine ainsi sa note : « Avec toutes ces données, il est « presque toujours possible de prévoir un ou deux jours à l'a- « vance, avec une très-grande probabilité, le temps qu'il doit « faire. On pense même qu'il ne serait pas impossible de pu- « blier tous les matins un journal de prédictions qui serait « d'une grande utilité pour la société [1]. »

[1] M. Dumas a rappelé ces observations en présentant à l'Académie des sciences le tome III des *Œuvres de Lavoisier* (Séance du 24 juillet 1865).

« Le télégraphe manquait ; mais, en 1793, Romme, chargé du rapport sur le télégraphe de Chappe, citait au nombre des services qu'il pourrait rendre la possibilité de prédire l'arrivée des tempêtes et d'en donner avis. »

Dans un mémoire publié en 1842, le savant auteur de la *Loi des tempêtes*, Piddington, émettait aussi l'idée que si la Chine était une contrée placée sous la domination européenne, un télégraphe électrique placé sur la côte est, pourrait prévenir les navires mouillés à Hong-Kong de l'approche des cyclones. Piddington cite à ce sujet le passage suivant d'un ouvrage intitulé : *The emigrant churchman in Canada* (Le missionnaire émigrant au Canada) : — « Un journal canadien nous apporte la nouvelle d'un usage pratique de science que nos pères auraient regardé avec étonnement, si on avait pu le prédire à leur époque : c'est l'emploi du télégraphe électrique pour donner avis de l'approche d'un tourbillon.

« Le télégraphe aujourd'hui donne, en effet, avis des tempêtes ! Par exemple, le télégraphe à Chicago et Tolède prévient de l'approche d'une tempête de N.-O. les patrons de barque à Cheveland, à Buffalo et sur le lac Ontario. Ce résultat a pratiquement une grande importance. Une tempête-ouragan traverse l'atmosphère avec la vitesse d'un pigeon messager, c'est-à-dire 60 milles par heure. Nos vents de N.-O. viennent apparemment des sources des Lacs, et balayant les lacs Supérieur, Michigan et Érié, se perdent à l'intérieur du pays ; nos vents de S.-O. viennent du golfe du Mexique, où leur force est très-grande, et dépassent la direction générale du Mississipi et de l'Ohio. Si ces vents commencent à ces points éloignés, il est clair qu'en établissant des bureaux télégraphiques aux extrémités de la ligne, on donnera avis de leur approche à des ports lointains, 12 à 20 heures avant qu'on les y ressente. Nous ne sommes qu'au début des sérieux avantages que peut rendre ainsi le télégraphe électrique. »

Ajoutons qu'en 1760, Franklin, à qui ses belles observations avaient appris « le mystère des éclairs, » publiait que les ouragans étaient souvent de grands tourbillons, découverte entrevue dès le commencement du dernier siècle, et dont nous ferons bientôt connaître les remarquables conséquences.

Si la France, l'Angleterre et l'Amérique ont ainsi préparé, dans des voies diverses, les récents progrès de la météorologie,

c'est aussi à ces nations éclairées que l'humanité doit la création des institutions utiles qui contribuent aujourd'hui si activement à ce progrès, et dont nous allons sommairement rappeler l'origine et constater le développement.

Nous devons d'abord indiquer les excellents résultats obtenus par la Conférence internationale tenue à Bruxelles, en 1853, pour l'adoption d'un système uniforme d'observations météorologiques *à la mer*. Antérieurement à la réunion de cette conférence, le gouvernement britannique avait exprimé le désir de voir le gouvernement des États-Unis coopérer à un système uniforme d'observations météorologiques *á terre*, d'après un plan préparé par le capitaine James, du corps royal du génie, et soumis au gouvernement par sir John Burgoyne, inspecteur général des fortifications. Quelques difficultés s'étant opposées à la réalisation de ce plan, les États-Unis profitèrent de la circonstance pour communiquer au gouvernement anglais un projet qui venait de lui être soumis par M. Maury, lieutenant de marine, directeur de l'Observatoire de Washington[1], dans le but d'agrandir le champ des recherches au delà de ce qui avait été d'abord proposé par l'Angleterre. Le moment paraissait arrivé, dit le rapport de la conférence auquel nous empruntons ces détails, où toutes les nations pouvaient être engagées à coopérer à un système général d'observations météorologiques.

Le résultat de la correspondance échangée entre les deux gouvernements fut, en effet, une invitation adressée à chaque puissance maritime, dans le but d'obtenir l'envoi d'un délégué à la conférence qui devait avoir lieu à Bruxelles.

Cette conférence, présidée par M. Quetelet, directeur de l'Observatoire royal de Belgique, discuta et adopta un type de journal de bord, afin d'assurer, autant que possible, l'uniformité des observations et des documents au moyen desquels on pourrait les comparer rapidement. Nous citerons les dernières lignes du rapport : « La conférence croirait manquer à ses devoirs si elle terminait sans tâcher d'assurer à ces observations une protection

[1] Nos excellents collaborateurs, MM. Zurcher et Margollé, viennent de donner une traduction de la *Géographie physique* de M. T. Maury, un volume chez Hetzel Cet ouvrage présente sous une forme simple et usuelle les faits les plus importants de la physique du globe qu'il serait bien temps de faire pénétrer dans l'enseignement de nos lycées et de nos colléges. P. P. D.

qui les mette à l'abri des chances de la guerre. Cette protection, la science doit l'attendre de toute nation éclairée. Elle demande pour ces documents les priviléges accordés en temps de guerre aux bâtiments qui font des voyages de découvertes ou des campagnes scientifiques. Elle espère que les ardeurs de la guerre n'interrompront pas ces relations scientifiques, jusqu'au jour où l'Océan soit tout entier tombé dans le domaine des recherches philosophiques, et qu'un système d'investigations soit étendu comme un réseau sur toute sa surface, au grand bénéfice du commerce et de la navigation, ainsi que de la science et de l'humanité. »

Presque tous les gouvernements représentés à la conférence adoptèrent ses conclusions, et bientôt de nouveaux gouvernements offrirent aussi le concours de leurs officiers et de leurs marines respectives. Déjà le lieutenant Maury s'était mis en rapport avec les capitaines de la marine militaire et marchande des États-Unis, et avait commencé, à l'aide de renseignements puisés dans plus de mille journaux, la construction de ses belles cartes de route. L'adoption par les principales nations maritimes d'un modèle uniforme de journal de bord, destiné à enregistrer chaque jour les observations météorologiques, donna bientôt une puissante impulsion au système de recherches qui de l'Océan devait s'étendre à la terre et devenir universel. Dans une lettre à lord Rosse, président de la Société royale, à la date du 27 juillet 1854, Maury demandait la réunion d'un second congrès météorologique international, ayant pour but de proposer un plan d'études à suivre sur terre. « Tous les États de la chrétienté, disait-il, sont plus ou moins entrés dans cette voie; tous ont établi des observatoires, les ont munis d'instruments, et ont organisé un service météorologique dans la mesure de leurs moyens; la dépense est donc faite, les travailleurs sont prêts; il ne reste qu'à les réunir sous une direction unique, de laquelle naîtront l'ensemble et la féconde harmonie qui manquent encore. »

En Angleterre le rapport de la conférence de Bruxelles fut soumis au Parlement qui vota immédiatement un crédit annuel de 80,000 francs pour assurer le service des observations et la publication des cartes de vents et de courants. Une somme de 25,000 francs fut aussi donnée par l'amirauté pour le même

objet. Le bureau spécial créé pour recueillir et coordonner les observations fut placé sous la direction du contre-amiral Fitz-Roy, connu par ses importants travaux hydrographiques. De précieux documents (*Meteorological papers*) ont été publiés par les soins de ce bureau. Grâce au zèle éclairé et au dévouement de l'amiral Fitz-Roy, secondé par un savant officier, M. Babington, on put bientôt y organiser un système de prévision du temps qui fut pour les marins un véritable bienfait sur toutes les côtes des Iles Britanniques.

En Hollande, aussitôt après la conférence, le ministère de la marine instituait aussi un service météorologique placé à Utrecht sous la direction de M. Buys Ballot. Des officiers d'élite, les lieutenants Jansen, Andrau, Van Gough, etc., furent chargés de centraliser les observations faites à la mer, tandis que les observations faites sur terre étaient discutées séparément. On doit à l'Institut météorologique d'Utrecht de très-remarquables travaux, qui montrent toute l'importance des observations recommandées par la conférence.

La Suède, la Norwége et le Danemark, le Portugal, l'Espagne, la ville libre de Hambourg et la république de Brême organisaient aussi de leur côté la centralisation et le dépouillement des journaux provenant de leur marine. La Prusse et la Russie préparaient des établissements destinés à coopérer aux mêmes recherches. Enfin, la France entrait en lice et se mettait à l'œuvre, dit Maury, « avec une activité qui ne pouvait manquer de lui assigner dans l'entreprise commune le rang élevé auquel lui donne droit le mérite de ses navigateurs et de ses savants. »

Rappelons d'abord l'organisation du service régulier d'observations météorologiques établi en France par les soins de M. Le Verrier, directeur de l'Observatoire impérial. Ce service comprenait les observations quotidiennes de vingt-quatre centres pourvus d'instruments par l'Observatoire et lui transmettant, par la voie télégraphique, les observations recueillies, qui, discutées et réduites, étaient envoyées aux divers Observatoires, aux administrations et même aux journaux qui en faisaient la demande.

C'est à la suite de ce premier et important résultat que M. Le Verrier crut pouvoir demander, dès l'année 1855, le concours des Observatoires et des administrations télégraphiques de l'Europe, afin de recevoir les communications nécessaires à l'exten-

sion d'un service qui devait rapidement se développer, sous la double influence de l'esprit scientifique et du sentiment de solidarité qui font la puissancce des nations civilisées.

M. Le Verrier rappelait la désastreuse tempête du 14 novembre 1854, qui ravagea une partie de l'Europe et mit en perdition notre escadre de la mer Noire. La comparaison des observations faites en divers points, durant cette tourmente, prouva qu'elle avait été produite par le transport d'une grande onde atmosphérique qui avait mis près de quatre jours à traverser l'Europe, depuis les côtes d'Angleterre jusqu'à la mer Noire. Nos flottes auraient donc pu être averties et quitter à temps leur dangereux mouillage devant Sébastopol.

Les ouragans, soit qu'ils proviennent du passage de ces ondes, dont l'étendue est immense, ou du transport des tourbillons connus sous le nom de cyclones, peuvent être annoncés par la télégraphie électrique. On comprend dès lors l'intérêt qu'ont toutes les nations à s'unir pour suivre la marche de ces terribles phénomènes et en devancer l'apparition par d'utiles avertissements.

Aussi la demande de M. Le Verrier fut-elle immédiatement accueillie par la plupart des administrations étrangères et le réseau télégraphique européen s'étendit bientôt de l'Algérie jusqu'aux latitudes les plus élevées, et du Portugal jusqu'aux limites de la Russie.

C'est alors que fut organisé le service météorologique des ports. La Chambre de commerce du Havre avait demandé à M. le ministre de l'intérieur que la télégraphie électrique lui fit connaître, dans l'intérêt des navigateurs, la direction du vent régnant à Brest et à Cherbourg. En communiquant cette demande à M. Le Verrier, M. le ministre de l'instruction publique le priait de lui faire savoir s'il était en mesure d'établir un service météorologique régulier entre les divers ports du littoral.

M. Le Verrier, qui avait depuis longtemps reconnu l'utilité de telles communications et qui n'avait pas cessé de les avoir en vue dans l'organisation du service télégraphique, répondit que rien ne s'opposait à cette nouvelle transmission des bulletins météorologiques, et peu de temps après, d'accord avec une commission désignée par M. le ministre de la marine, il établissait le service qui fonctionne depuis lors, et qui embrasse tous nos principaux ports, de Dunkerque à Nice.

A ce moment même, M. Airy, astronome royal d'Angleterre, informait M. Le Verrier que l'Observatoire de Greenwich désirait échanger ses bulletins météorologiques avec l'Observatoire de Paris, et que, par suite de l'établissement d'un service météorologique sur les côtes de la Grande-Bretagne, cet échange pourrait bientôt être étendu à d'autres points.

M. Le Verrier profitait de cette poposition, accueillie avec empressement, pour donner une grande extension au service maritime, tout en se limitant aux données nécessaires, afin de faciliter les communications les plus importantes, lors de l'apparition des tempêtes. Dans sa réponse à M. Airy [1], il disait très-justement :

« Signaler un ouragan dès qu'il apparaîtra en un coin de l'Europe, le suivre dans sa marche au moyen du télégraphe, et informer en temps utile les côtes qu'il pourra visiter, tel devra être le dernier résultat de l'organisation que nous poursuivons. Pour atteindre ce but, il sera nécessaire d'employer toutes les ressources du réseau européen, et de faire converger les informations vers un centre principal, d'où l'on puisse avertir les points menacés par la progression de la tempête. »

Cette dernière partie de l'entreprise ne pouvait être dès lors réalisée. Il fallait attendre que le temps, en amenant dans chaque État intéressé le développement du service maritime régulier, eût démontré son utilité, et prouvé qu'en reliant ce service au service télégraphique international, l'approche des tempêtes pouvait être, dans la plupart des cas, signalée aux ports menacés.

Sans doute une telle prévision exigerait la connaissance exacte des lois qui régissent ces désastreux phénomènes et l'expérience d'un service dans lequel des complications inattendues peuvent demander fréquemment autant de décision que de prudence. Mais, d'une part, les lois des tempêtes les plus redoutables sont maintenant en partie connues, grâce aux travaux des savants météorologistes, Dove, Reid, Piddington, Redfield, Keller, etc., et, d'un autre côté, l'organisation actuelle de l'Observatoire central présente toutes les garanties désirables pour arriver bientôt aux meilleurs résultats, et pour conduire à d'importantes découvertes sur la marche et la formation des phénomènes atmosphériques.

[1] *Moniteur* du 7 avril 1860.

Ces découvertes ont aussi été préparées par les remarquables travaux résumés chaque année dans l'*Annuaire Météorologique*, publié pour la première fois en 1848, par trois hommes dévoués à la science, MM. J. Haeghens, Ch. Martins et A. Bérigny. Un grand nombre de collaborateurs s'étant groupés autour des fondateurs de cet Annuaire, la *Société Météorologique de France* fut fondée en 1852, sous les auspices d'un savant éminent, M. Ch. Sainte-Claire Deville. Cette Société, destinée à recueillir des expériences et des observations jusqu'alors peu répandues, et à provoquer des recherches nouvelles, a puissamment contribué au progrès des études se rapportant à la connaissance de l'atmosphère et des phénomènes qui s'y développent. Une des circulaires de la Société, publiée en janvier 1852, disait :

« Avant peu l'Europe entière sera sillonnée de fils métalliques qui feront disparaître les distances et permettront de signaler, à mesure qu'ils se produiront, les phénomènes atmosphériques et d'en prévoir ainsi les conséquences les plus éloignées. »

Nous signalerons encore les observateurs dévoués dont l'intelligent et libre concours permet au savant directeur du *Journal d'Agriculture pratique*, M. Barral, de publier chaque mois ses très-utiles bulletins de météorologie agricole.

Dans cette énumération des sociétés et des savants qui ont contribué au progrès de la météorologie et préparé ses plus importantes applications, nous ne devons pas oublier M. le professeur Zantedeschi, de Padoue, qui, en octobre 1849, proposait au baron de Bruck, ministre d'Autriche, « l'établissement d'observatoires météorologiques sur les principales lignes télégraphiques, comme devant donner des résultats utiles non-seulement à la science, mais encore à l'agriculture, au commerce et à la navigation. »

Qu'il nous soit permis, en terminant ce résumé, de reproduire quelques lignes d'un livre [1] dans lequel nous avons pu faire connaître plus complétement les récentes conquêtes de la science :

« Devant tant d'éléments de progrès, on ne peut douter de l'avenir réservé à la météorologie, du rang qu'elle est appelée à prendre parmi les sciences par l'unité des méthodes, par la centralisation des observations, par l'adoption d'un système universel « dont la réalisation, dit très-bien Maury, intéresse également le

[1] *Les Tempêtes.* — Collection Hetzel.

« progrès de la science et le bien-être de la grande famille hu-
« maine. »

II

Nous ne pourrions évidemment, sans sortir des limites que la forme de ce recueil nous impose, donner une idée suffisante des travaux accomplis, depuis la Conférence de Bruxelles, par les nations les plus éclairées, et principalement en Angleterre, en Amérique, en Hollande et en France. Mais nous résumerons brièvement ceux de ces travaux qui ont le plus d'importance, en nous arrêtant surtout sur ce qui a été fait par notre Observatoire.

Au moment où éclata la crise terrible dont les États-Unis ont été le théâtre et que vient de terminer la plus heureuse victoire, le commandant Maury, né dans la Virginie, crut devoir se joindre aux confédérés, après avoir donné sa démission du poste de directeur de l'Observatoire de Washington. L'œuvre à laquelle il s'était si longtemps et si complétement dévoué a été ainsi interrompue; mais les huit éditions successives de ses *Instructions nautiques* (*Sailing directions*) et de sa *Géographie physique de la Mer*, ses cartes de vents et de courants, répandues au nombre de plus de 200,000, avaient accru déjà, dans une très-grande mesure, la rapidité et la sécurité de la navigation. Par leur usage on est parvenu à abréger de cinquante jours un voyage en Australie ou en Californie, de quinze jours un voyage dans l'Inde ou la Chine, de dix jours un voyage à l'Équateur, et dans la même proportion pour les autres pays. Comme une économie de temps se traduit en argent dans les relations commerciales, on peut évaluer aujourd'hui ce qu'est cette économie, qui, pour le seul commerce anglais de l'Inde, est annuellement comprise, d'après un récent rapport lu devant l'Association britannique, entre six et douze millions de francs. Traduites une première fois en 1859, par ordre de l'amiral Hamelin [1], ministre la marine, les *Instructions nautiques* ont été distribuées aux bâtiments de notre flotte, et ont rendu des services attestés par les nombreux rapports des

[1] *Instructions nautiques*, destinées à accompagner les cartes de vents et de courants, par M. F. Maury, directeur de l'observatoire de Washington, traduites par Ed. Vanecchout, lieutenant de vaisseau.

capitaines envoyés en mission dans des mers lointaines. Cette traduction, actuellement épuisée, a été remplacée par une traduction nouvelle [1], également publiée par ordre du ministre, au dépôt de la marine. Les cartes de vents et les instructions de Maury, ainsi que les types des journaux à tenir, ne sont pas seulement donnés à tous nos navires de guerre, mais encore aux navires marchands dont les capitaines en font la demande et s'engagent à faire des observations.

En Angleterre le service de télégraphie météorologique, établi au commencement de 1861, donna bientôt les plus évidentes preuves de son utilité. Avertis à temps de l'approche des tempêtes, les ports compris dans le réseau purent en prévenir les marins et diminuer ainsi les pertes et les accidents, si fréquents dans ces parages pendant la mauvaise saison.

Nous citerons quelques faits rapportés par l'amiral Fitz Roy : — « Trois bâtiments de guerre étaient dans le port de Plymouth, prêts à partir pour les Indes occidentales. Ils attendirent deux jours, sur l'avis qui leur fut donné, et prirent la mer pendant le calme qui intervint entre deux ouragans ; le premier avait sévi avant leur départ, le second était un violent cyclone qui traversa la France, les Pays-Bas, le Danemark, et dont le demi-cercle balaya nos côtes du Sud et du Sud-Est. Ce dernier fut évité à peine par les bâtiments, et même utilisé par eux, car, poussés en bonne route par ses premières bouffées, ils purent gagner l'Atlantique sans encombre.

« Toutes nos côtes de l'est avaient été prévenues de la tempête pendant laquelle la corvette prussienne l'*Amazone* se perdit. Le gouvernement prussien, frappé de ce fait, adressa une demande officielle au *Board-of-Trade* pour avoir des renseignements qui le missent à même d'organiser dans la Baltique un service de prévision communiquant, s'il était possible, avec l'Angleterre.

« Le vendredi 7 mai, le signal d'alarme fût hissé toute la journée à Plymouth. Le samedi, le temps parut si beau que les pêcheurs prirent le large comme à l'ordinaire. L'après-midi on hissa un nouveau signal pour indiquer qu'un coup de vent du Sud

[1] *Météorologie nautique. — Vents et courants. Routes générales*, extrait des *Sailing Directions*, de Maury et des travaux les plus récents, par M. Charles Ploix, ingénieur hydrographe de la marine. — Paris, 1863.

était imminent. La journée était belle. Personne ne s'attendait à ce qui allait suivre, excepté ceux qui s'attachaient à interpréter les signaux météorologiques. Avant minuit la tempête avait éclaté; elle dura presque tout le lendemain. Un des bateaux, monté par huit hommes, fut perdu. Un officier écrivait qu'il n'avait jamais vu de plus violente tourmente. »

Des baromètres furent distribués dans les ports et sur différents points de la côte, pour servir aux marins et aux pêcheurs. L'amiral Fitz-Roy publiait en même temps le *Manuel du Baromètre*, excellente instruction sur la manière d'observer cet instrument et d'en tirer parti pour la prévision du temps. « A en juger par ce qui est acquis, disait l'amiral dans un rapport relatif à l'ensemble de ces observations, il y a tout lieu d'espérer que bientôt la météororogie dynamique sera soumise à l'analyse mathématique et à des formules précises. » On doit encore à l'amiral Fitz-Roy, dont la science déplore la mort récente, un excellent manuel de météorologie pratique (*Weather Book*), rapidement arrivé à sa seconde édition, et appelé à rendre les meilleurs services aux navigateurs.

Nous avons déjà mentionné les publications si intéressantes de l'Institut météorologique d'Utrecht, dont les cartes de vents et d'orages, ainsi que les travaux relatifs à la formation et à la marche des ouragans, ont fait mieux connaître les lois générales des courants atmosphériques.

Les Observatoires de Rome et de Bruxelles, dirigés par deux savants dévoués, le R. P. Secchi et M. Quetelet, ont aussi contribué par de persévérantes recherches et de nombreux recueils d'observations, à montrer tout le parti que nous pourrons tirer de ce nouvel ordre d'études, dont l'utilité est chaque jour démontrée.

En nous bornant jusqu'ici à une analyse très-sommaire des travaux accomplis, nous nous proposions d'indiquer avec plus de détails ce qui a été obtenu en France par les efforts combinés du ministère de la marine, de l'Observatoire impérial et de l'*Association scientifique* récemment fondée dans le but d'encourager les travaux relatifs au perfectionnement des sciences physiques.

Le ministère de la marine, comme nous l'avons déjà dit, a décrété l'établissement d'un service météorologique des ports, combiné avec le service semblable de l'Angleterre, et la récente construction, sur toute l'étendue de nos côtes, de sémaphores reliés

au grand réseau des télégraphes électriques, permet de transmettre les avertissements à tous les points menacés, et même aux bâtiments qui passent en vue du littoral.

« Il est évident, disions-nous à ce sujet [1], que l'état atmosphérique d'une région est soumis aux influences des régions environnantes, et même, dans certaines circonstances, de régions fort éloignées. Un observatoire qui recevrait chaque jour de tous les principaux points d'une vaste étendue, comme celle qui embrasse l'Europe et les rives de la Méditerranée, des télégrammes indiquant l'état du temps pour chacun de ces points, pourrait donc non-seulement prévoir les variations atmosphériques pour le lieu même où il est situé, mais encore pour chacun des lieux avec lesquels il se trouve en correspondance. Or, telle est aujourd'hui la position des observatoires les plus importants de l'Europe, et principalement de l'Observatoire de Paris, justement indiqué par l'amiral Fitz-Roy, comme « un grand centre d'alliance télégra-« phique. »

« Cet Observatoire publie maintenant chaque jour un bulletin contenant les données qu'on y recueille de trois en trois heures ainsi que celles qui lui sont fournies, pour huit heures du matin, par cinquante correspondants environ, dispersés sur toute la surface de l'Europe. Ces données comprennent, pour chaque station, la pression barométrique, la température, la direction et la force des vents inférieurs, l'état du ciel, l'état de la mer sur les côtes. A la suite d'une carte météorologique du jour, construite sous la direction de M. Marié Davy, se trouve une appréciation du caractère général de l'atmosphère, formulée par ce savant distingué, avec des prévisions ou probabilités relatives au temps du lendemain. Ces prévisions se rapportent à quatorze régions, entre lesquelles le littoral européen a été divisé.

« Sur la carte météorologique sont tracées des courbes correspondantes aux pressions barométriques échelonnées de cinq en cinq millimètres. La pression de l'atmosphère sur l'Europe éprouve de fréquentes variations, et c'est dans le rapprochement ou l'éloignement de ces courbes, ainsi que dans leurs inflexions, qu'on peut trouver les principaux éléments de la prévision rationnelle du temps. »

[1] *Les Météores*. — Librairie Hachette.

Ce service était à peine organisé lorsque le terrible ouragan du 2 décembre 1863 est venu démontrer son efficacité. Cet ouragan, analogue aux cyclones des régions tropicales, et qui a traversé l'Angleterre, la France et l'Italie, a pu être annoncé à temps aux principaux points menacés qui, préparés à y faire face, n'ont eu qu'un petit nombre de sinistres à déplorer.

« J'ai reçu dans la journée du 2, écrivait à M. Le Verrier le président de la Chambre de commerce de Toulon, les deux dépêches annonçant qu'une tempête allait envahir la France. Elles ont été publiées et affichées sur l'heure et les navires du commerce présents sur rade ont pu prendre et ont pris immédiatement les mesures nécessaires pour parer à toute éventualité. La préfecture maritime, de son côté, ordonnait à tous les officiers à terre de regagner leur bord. — La tempête s'est déchaînée vers trois heures et demie de l'après-midi. Le premier télégramme du 2, confirmant celui de la veille, avait donc gagné quatre heures d'avance sur la tempête, et il n'y a eu, grâce aux précautions prises, aucune avarie, aucun sinistre à déplorer. »

Les télégrammes expédiés à Turin furent immédiatement communiqués aux ports de la côte occidentale d'Italie. La note suivante était publiée, le 3, dans le *journal de Gènes :* — « La prédiction de l'observatoire de Paris s'est complétement réalisée ; les premiers signes de l'ouragan se sont fait sentir hier, vers sept heures du soir. Dans la nuit il s'est déchaîné furieux ; il ne paraît pas, toutefois, que des sinistres aient eu lieu dans nos parages. Le commandant du port s'était hâté de prendre les mesures opportunes, et nous n'avons eu qu'à nous en louer. »

L'Observatoire s'est proposé une étude d'ensemble sur ce tourbillon, étude analogue au beau travail exécuté sous la direction de l'amiral Fitz-Roy, après la formidable tempête d'octobre 1859.

« Si nos cartes, disait M. Marié Davy dans une Note présentée à l'Académie des Sciences, peuvent nous faire pressentir une tempête et nous permettre de la suivre dans sa course à travers l'Europe, elles ne nous indiquent rien ou presque rien sur leur lieu d'origine et sur leur mode de formation, et cependant c'est là un des éléments essentiels, non-seulement de la science, mais de ses applications. Nous attachons la plus grande importance à la construction de cartes journalières, s'étendant à tout l'hémisphère nord, fallût-il une année pour réunir les éléments de chacune

d'elles. Au milieu de l'incessante mobilité des phénomènes atmosphériques, il est très-certainement de grandes lois générales qu'il importe d'en dégager et qu'on peut aller rechercher dans les années antérieures. »

Nous devons ici revenir sur la loi des tempêtes et sur son application si utile à l'art de la navigation. A peine cette loi fut-elle connue que les marins en déduisirent des règles dont l'observation devait diminuer les dangers auxquels le navire est exposé au milieu d'un ouragan, et même lui permettre quelquefois d'en profiter pour arriver plus rapidement à sa destination. Les *Guides*, publiés par Piddington [1] et, plus récemment, par le commandant Bridet [2], contiennent les plus intéressants détails sur cette partie si importante de la météorologie pratique, importance plus grande encore pour la science que pour la navigation. La découverte de la loi des tempêtes, due principalement aux excellentes études du colonel Capper, de Romme, d'un savant ingénieur de New-York, M. Redfield, du professeur Dove, du colonel du génie Reid et de H. Piddington, président de la Cour de marine à Calcutta, se rattache au mouvement philosophique qui, depuis le commencement de ce siècle, tend à renouveler et, pour ainsi dire, à transformer les sciences. Ce mouvement, en effet, rattache de plus en plus à l'ordre universel, à l'harmonie progressive du monde, les phénomènes de tout ordre qu'un examen superficiel a fait si longtemps regarder comme un signe redoutable de la permanence et de la puissance du mal dans la création.

Nous avons maintenant à faire connaître l'organisation et les travaux de l'Association scientifique de France, qui, après une année d'existence, compte plus de 4,000 membres [3], et qui a pu déjà consacrer une somme de 24,000 francs à l'encouragement des sciences physiques. Présidée par M. Le Verrier, directeur de l'Observatoire impérial, l'Association a son siége à Paris, mais elle

[1] *Guide du marin sur la loi des tempêtes*, traduit par T. Chardonneau, lieutenant de vaisseau.

[2] *Étude sur les ouragans de l'hémisphère austral.*

[3] Les membres de l'Association versent une cotisation annuelle de *dix francs*. Pour que cette modique souscription permette d'arriver à d'importants résultats, l'Association invite chacun de ses membres à vouloir bien s'imposer l'obligation d'engager un nouveau souscripteur. — Les dames sont admises dans l'association. — Les souscriptions sont reçues au secrétariat de l'Association scientifique, à l'Observatoire impérial.

embrasse au même titre toute la France, et dès le début c'est en ce sens que s'est produite son action. « Partout où se rencontre un nombre suffisant d'associés, dit une circulaire du Conseil, la Société désire qu'ils se réunissent et convoquent ceux des localités voisines pour s'éclairer mutuellement sur les progrès de la science. La Société les aidera de tout son pouvoir en communiquant les documents dont on aurait besoin, les photographies célestes qu'elle fera exécuter, les appareils nécessaires aux expériences et en appliquant aux frais de ces séances la partie disponible des cotisations. Paris, Marseille, Strasbourg sont ainsi organisés : nous avons l'espoir que d'autres réunions vont s'établir. »

Il nous suffira d'indiquer la répartition des fonds employés en encouragements donnés aux sciences pendant l'année 1864, pour montrer l'heureuse influence de l'Association, influence qui ne peut que s'accroître, grâce au concours éclairé des gouvernements et à la tendance générale vers les études scientifiques. Un premier fonds de 7,000 francs a été affecté à la construction d'un grand télescope évalué à la somme de 50,000 francs et destiné à une de nos villes du Midi. — 7,000 francs ont été alloués à la physique et répartis entre MM. Cazin, à Versailles; Terquem, à Metz; Gernez, à Dijon; Gaugain, à Bayeux; Diacon, à Montpellier; Mascart, à Metz, pour divers travaux sur les vapeurs, l'acoustique, l'optique, l'électricité et l'analyse spectrale. — Enfin, sur les 7,000 francs affectés à la météorologie, 1,500 francs ont été distribués en prix aux marins pour des observations faites à la mer. Des prix semblables sont destinés à encourager les applications de la météorologie à l'agriculture, applications dont M. de Gasparin a montré toute l'importance dans son *Cours d'Agriculture*, et dont l'Association s'occupe avec la plus intelligente activité.

Ainsi, une instruction relative à la constatation des orages sur tous les points de la France a été envoyée aux membres de la Société. M. le ministre de l'instruction publique adressait en même temps aux préfets l'invitation d'étendre à tous les cantons l'observation de ces perturbations atmosphériques, dont la formation, la marche et les progrès intéressent si directement l'agriculture. C'est en multipliant les observations qu'on fournira aux savants, nous ne saurions trop le répéter, les éléments nécessaires pour déterminer la cause des phénomènes et en prévenir l'apparition.

M. Le Verrier, en présentant à l'Académie des Sciences la carte des orages du 7 mai 1865, pour l'ensemble de la France, tracée par MM. Marié Davy et Fron, d'après les cartes partielles fournies par les commissions départementales, disait : « Malgré les lacunes qu'elle renferme et qui tiennent à ce que les observateurs n'ont pu fonctionner dès le début avec la même précision qu'aujourd'hui, cette carte est déjà féconde en enseignements, surtout lorsqu'on la rapproche des cartes de l'état atmosphérique de l'Europe pour les 7 et 8 mai. On constate, au premier coup d'œil, que les orages n'ont pas pour origine des causes locales, mais qu'ils dérivent d'un état général de l'atmosphère embrassant à la fois une grande étendue de pays. C'est ainsi qu'on les voit éclater simultanément sur un grand nombre de points de la France; tandis qu'une de ces tourmentes se propage du centre vers le Nord-Est, puis, après avoir longé les vallées de la Saône et de la Meuse, se jette sur le Luxembourg où nous ne pouvons la suivre qu'imparfaitement. »

Ce n'est pas seulement par ses conséquences pratiques que la science tend à se vulgariser. La grandeur et la fécondité de ses découvertes, la beauté des horizons qu'elle nous dévoile, sont aussi des causes puissantes du mouvement immense qui la répand aujourd'hui partout, et qui en fait l'instrument le plus actif du progrès chez les nations éclairées.

Pour favoriser ce mouvement, l'Association scientifique a institué des séances mensuelles, dans lesquelles les savants qu'elle compte au nombre de ses membres font connaître les principales découvertes et les phénomènes astronomiques les plus remarquables. En outre, pendant huit jours de chaque mois, les associés sont reçus à la terrasse de l'Observatoire et y trouvent des instruments à leur disposition pour observer les astres.

Des séances sont aussi tenues dans les principales villes où l'Association s'est développée, et nous citerons celle dont la présence de M. Le Verrier, à Marseille, a été l'occasion, au mois de mai dernier. M. Morren, doyen de la Faculté des Sciences, membre du Conseil, qui présidait cette séance, a rappelé, dans un éloquent discours, le but élevé de l'Association, et après avoir loué l'activité commerciale de Marseille, a montré que la même activité présidait au grand mouvement scientifique de l'Angleterre : « Là, le commerçant croit couronner dignement son repos et sa

vie, en consacrant et loisirs et fortune au culte et à l'avancement d'une partie spéciale de la science. Autour de Londres, les Observatoires abondent, munis des plus beaux et des meilleurs appareils, et élevés par des négociants opulents qui deviennent des savants illustres. Ainsi, dans un seul de ces observatoires, celui du brasseur Bishop, onze planètes ont été découvertes. Le marchand de drap Groombridge, l'avocat Grove, le courtier Francis Baily, si célèbre par ses découvertes, Grassiott, le marchand de vin, Warren de la Rue, le marchand de papier, etc., font tous comme les riches lords de l'Angleterre, comme lord Rosse, lord Brisbane, lord Wrotesley et tant d'autres ; non-seulement ils travaillent et moissonnent dans le champ fécond des découvertes, mais en Mécènes intelligents, ils prêtent leur force et leur appui à ce qui se rapporte à la science qu'ils ont prise en prédilection. Les dames elles-mêmes suivent cet entraînement général et partagent ces goûts élevés qui ennoblissent la fortune et procurent les plus fécondes jouissances. »

Puisse un tel exemple être suivi, et le généreux emploi de la richesse ouvrir à la civilisation une source nouvelle de grandeur et de puissance. Les progrès de l'intelligence sont étroitement liés au développement des forces morales, et la conquête de la vérité, en nous donnant la notion de nouveaux devoirs, nous a toujours conduits à la conquête de nouveaux droits.

III

En exposant sommairement le système de météorologie télégraphique institué depuis quelques années en Amérique et chez les principales nations de l'Europe, nous n'avons pas cru devoir nous arrêter sur les diverses critiques dont ce système a été l'objet, nous réservant d'ailleurs d'y revenir dans un travail spécial sur la formation et la prévision des tempêtes. Ce travail, que nous nous proposons d'insérer dans le prochain *Annuaire*, sera d'autant plus intéressant qu'il nous sera possible de recueillir un plus grand nombre de faits, et d'appuyer nos conclusions sur les savantes recherches maintenant poursuivies dans les grands observatoires. Mais dès aujourd'hui nous croyons utile de reproduire une lettre sur le service météorologique que nous avons reçue du comman-

dant Maury, et la réponse qui nous a été aussi adressée par l'amiral Fitz-Roy après la publication de cette lettre. Nos lecteurs trouveront dans ces deux documents les principales objections soulevées par le système actuel de prévision du temps, et les sérieuses considérations par lesquelles ces objections peuvent être combattues :

« ... La météorologie télégraphique ouvre un vaste et fécond champ de recherches. J'ai suivi avec le plus vif intérêt les travaux de l'amiral Fitz-Roy, et j'ai été heureux d'apprendre que votre gouvernement entrait dans la même voie.

« Je crains cependant qu'on ne tombe tout d'abord dans un excès analogue à celui qui, en Angleterre, n'a pas peu embarrassé, j'en suis certain, le Bureau météorologique.

« Le but pour lequel a été établi le nouveau Bureau de Paris est évidemment d'utiliser la météorologie et d'en rendre une certaine partie profitable aux travaux industriels. Dans une telle entreprise on peut s'attendre à rencontrer, entre autres difficultés, les obstacles qu'opposent l'ignorance et l'incrédulité. La première chose à laquelle doivent s'attacher les directeurs, c'est donc de gagner la confiance et d'éloigner les préventions. Mais comment y parvenir? Je réponds : en procédant pas à pas, lentement, par tentatives, en se tenant d'abord seulement aux points saillants pour les prévisions du temps. Par points saillants j'entends ces grandes commotions de l'atmosphère qui s'étendent au loin, et dont les sinistres marquent la route. Au début on doit surtout se proposer de suivre dans leur marche et d'annoncer ces désastreuses tempêtes, plutôt que de chercher à donner des prévisions journalières.

« Pour de tels avertissements la position géographique de Paris est préférable à celle de Londres. Paris peut placer des sentinelles au Nord, au Sud, à l'Est, et à l'Ouest de manière à ce qu'aucune tempête ne puisse franchir leurs lignes sans être signalée au quartier général, qui, après une pratique rapidement acquise, signale avec certitude aux points menacés la vitesse et la direction du phénomène. Il n'en est pas ainsi pour Londres, qui ne peut avancer ses sentinelles que dans un petit espace, vers le Nord, l'Ouest et le Sud, et qui, par suite n'est pas favorablement située pour être le principal centre d'un système général de prévision du temps. Les progrès réalisés par l'Observatoire de Paris seront

donc plus rapides que ceux obtenus par l'amiral Fitz-Roy qui, dans les étroites limites où il devait agir, voyait souvent la tempête fondre sur lui en même temps que les premiers avertissements. C'est ainsi qu'il a été conduit à chercher des méthodes pour découvrir les signes de chaque tempête lorsqu'elle est encore à une grande distance, et à limiter ses prévisions à deux jours d'avance.

« Il n'en est pas de même pour Paris. On sait que certaines tempêtes traversent l'Atlantique, ou font de longs trajets sur les continents, qu'elles parcourent avec une vitesse qui, souvent, ne dépasse pas la marche ordinaire d'un bâtiment à vapeur. Or, les avant-postes de Paris peuvent être placés depuis le nord de la Russie jusqu'à l'extrême sud de l'Europe, et même au delà de la Méditerranée, tandis que longitudinalement ils peuvent s'étendre des îles Britanniques jusqu'à la mer Caspienne. Entre ces limites la même tempête peut régner comme cela arrive en Amérique, pendant plus d'une semaine. Il est donc possible au Bureau de Paris de donner quelquefois à certains districts des avertissements une semaine à l'avance.

« Je vous ai dit que les pionniers, dans cette nouvelle branche de la météorologie, devaient avancer avec prudence, afin d'obtenir une confiance générale, sans laquelle leurs avertissements seraient aussi vains que les anciennes prophéties. Ceux qui entreprennent de prédire le temps doivent toujours se rappeler qu'il ne leur suffit pas d'acquérir la connaissance et l'expérience nécessaires, mais qu'il leur faut aussi inspirer à chacun la confiance dans leurs prévisions, en ne publiant, autant qu'il est possible, que des prévisions utiles. Les prévisions de cet ordre sont aujourd'hui rares. Elles se bornent à l'annonce des perturbations exceptionnelles par leur intensité et l'étendue de leur influence.

« Dans mon humble jugement l'erreur commise par le Bureau météorologique de Londres a été non-seulement de prédire le temps *chaque jour*, mais encore de le prédire en deux ou trois mots pour des districts entiers, dans lesquels, au même moment, le temps est rarement le même.

« Mais il n'en est nullement ainsi des admirables prévisions de l'amiral Fitz-Roy pour les grandes tempêtes. Elles ont été presque toujours bien indiquées et clairement annoncées. Malheureusement beaucoup de personnes se souvenant des erreurs journalières

ont persisté dans une incrédulité qu'elles ont payée de leur vie ou de la perte de leurs biens.

« Si le Bureau de Londres avait été seulement requis de publier des prévisions pour de semblables phénomènes, l'amiral Fitz-Roy, au lieu d'avoir à prédire le temps journalièrement, se serait borné à ces importantes prévisions, qui auraient entraîné la confiance, et le pays n'aurait pas à déplorer tant de sinistres, résulta d'une incrédulité que d'utiles avertissements pourront seuls combattre et détruire.

« En dehors des grandes perturbations, les variations partielles sont presque toujours locales, et il est impossible de les prédire pour un district quelconque, en des termes généraux. Si même cette prédiction était possible, il serait bien difficile de la faire de manière à la rendre utile.

« J'espère donc que le Bureau de Paris, éclairé par l'expérience, ne perdra pas de vue les principes suivants, que peu de personnes, je crois, contesteront :

« Les côtes d'Europe sont visitées à des périodes indéterminées, par des perturbations atmosphériques qui se font sentir sur une vaste étendue et qui produisent des désastres aussi bien dans l'intérieur des terres que le long des côtes. Une connaissance certaine de ces perturbations peut sauver la vie et la propriété de milliers de personnes. — De telles tempêtes ont leur trajectoire que l'observation peut déterminer, et leur vitesse moyenne de progression permet aux avertissements télégraphiques de les précéder. — Il y a donc des points auxquels ces avertissements peuvent être transmis en temps utile par des Bureaux tels que ceux de Londres et de Paris, qui centralisent le service météorologique.

« Il y a d'autres perturbations d'un caractère plus local, circonscrites dans leur influence qui, quant à présent, ne paraissent pas pouvoir être prévues avec une exactitude suffisante.

« La prétention de prédire chaque coup de vent ne paraît donc pas pouvoir s'élever dans l'état actuel d'une science encore naissante, mais qui cependant, grâce aux connaissances et à l'expérience déjà acquises, principalement par l'amiral Fitz-Roy, est apte à prédire avec certitude les tempêtes les plus redoutables. On pourra sans doute plus tard étendre ces prévisions aux coups de vent moins violents, lorsqu'elles seront appuyées sur des

informations plus exactes et plus complètes. Mais maintenant il faut surtout que les bureaux météorologiques fondent leur bienfaisante influence sur un petit nombre de prévisions très-sûres, qu'on pourra progressivement multiplier, de manière à comprendre chaque variation atmosphérique de quelque importance, à mesure que se multiplieront les résultats positifs et que s'établira la confiance aux prévisions du temps. »

M. F. Maury.

« Le *Courrier des Sciences* a récemment publié une lettre du commandant Maury, reproduite par le *Bulletin international* de l'Observatoire impérial, dans laquelle sont exposées certaines vues qui touchent à de graves intérêts, et qui, empruntant une réelle importance à l'autorité du savant qui les émet, m'ont fait regarder comme un devoir la publication du bref commentaire qui suit.

« Mon ami, le commandant Maury, comme d'autres juges très-compétents qui ont à donner leur opinion dans de nombreuses questions scientifiques, n'a peut-être pas eu le temps, préoccupé par la guerre meurtrière qui désole son pays, d'étudier suffisamment les variations atmosphériques, leurs complications et les faits qui s'y rapportent.

« C'est seulement dans les grands centres de communications et de rapports continuels, à Berlin, Paris ou Londres, que de satisfaisantes déductions peuvent être obtenues, — après des années d'expérience.

« Il existe déjà un très-grand nombre de correspondances télégraphiques entre des stations éloignées les unes des autres, et on arrive promptement à recueillir et à coordonner les documents météorologiques fournis par ces diverses stations.

« Aucune recherche particulière ne peut atteindre aux résultats obtenus par une telle association, et aucune opinion individuelle, quel que soit le prestige du nom, ne saurait en diminuer l'importance.

« Ainsi, depuis dix ans, sans interruption, des documents de toutes sorte ont été recueillis et examinés au bureau météorologique de Londres. Mon principal collaborateur, — M Babington, — a incessamment étudié, avec la plus scrupuleuse attention, la constitution et les mouvements de l'atmosphère, — non-seule-

ment en Europe et sur l'Atlantique, mais sur le globe entier. Lui et moi nous agissons d'après les mêmes principes, et il est absolument indifférent que l'un ou l'autre donne les prévisions du temps et expédie les signaux d'avertissement. Un tel accord ne pourrait se réaliser dans un système qui ne s'appuierait pas sur une base scientifique.

« A Berlin, l'éminent professeur dont la haute réputation est depuis trente ans établie en Europe, — Dove, — a eu depuis plusieurs années d'exactes informations embrassant un cercle très-étendu, — tandis qu'à Paris, — excellent centre de communication continentale et de grande alliance télégraphique, un illustre astronome, M. le sénateur Le Verrier, — bien secondé par le savant électricien et physicien Marié Davy, — examine et traite, avec un incontestable succès, les questions météorologiques.

« Tandis que ces principaux centres, — qui reçoivent aussi les rapports maritimes insérés dans le *Moniteur de la Flotte*, dans la *Gazette du commerce et de la navigation* (*Shipping and mercantile Gazette*) et dans de nombreuses publications locales, — ont les moyens de comparer, d'examiner chaque prévision journalière et d'en apprécier l'exactitude, de nouvelles sources d'indications et de documents se produisent — et l'avantage qui doit en résulter ne peut être mis en doute.

« Les précédentes indications me permettent de dire qu'en s'opposant au système de prévision du temps actuellement usité en France et en Angleterre, le commandant Maury n'a pas assez vu que les modifications qu'il propose détruisent la solide base sur laquelle repose ce système d'*avertissements* télégraphiques (souvent appelés, mais avec moins de justesse, *avertissements de tempêtes — Storm Warnings*).

« C'est seulement après une constante étude de la *dynamétrie* atmosphérique et de certains faits statiques, — après un consciencieux apprentissage, pour ainsi parler, dans ce très-vaste ensemble de recherches, — qu'on peut arriver à connaître les combinaisons de ces nouveaux éléments de connaissance expérimentale.

« Plusieurs supposent que les prévisions du temps et leurs résultats occasionnels, — c'est-à-dire les avertissements de coups de vent et, parfois, de tempêtes, — dépendent seulement des

indications transmises par les stations lointaines qui ont vu naître ces perturbations.

« Rien n'est plus éloigné de notre pratique actuelle. Il est vrai qu'en 1861 nous commençâmes avec la conviction que nous pouvions agir ainsi. Mais des progrès journaliers ont été obtenus, — et depuis plus d'une année, des signaux d'avertissement ont été souvent transmis aux stations les plus distinctes, vers la direction de l'ouragan prévu, assez à temps pour permettre de prendre toutes les précautions jugées nécessaires dans un port ouvert, tels que ceux de Valentia et d'Aberdeen.

« Comme je l'ai déjà dit ailleurs à propos de la même question et des objections qu'elle soulève : — les faits sont le sol, — les fils électriques sont les racines, — les stations centrales le tronc, — les prévisions sont les branches — et les signaux d'avertissement les fruits de ce jeune arbre de la connaissance. »

. . . . . , ...

ROBERT FITZ-ROY [1].

On doit remarquer que l'opinion du commandant Maury au sujet de la prévision des tempêtes, n'est au fond nullement combattue par l'amiral. Il est en effet évident que ces prévisions, qui mettent le marin et l'agriculteur en garde contre un désas-

[1] Nous ne terminerons pas sans citer encore quelques lignes d'une notice * dans laquelle notre collaborateur et ami, M. F. Zurcher, a rendu un juste hommage à l'éminent météorologiste, à l'homme de bien dont la vie tout entière, si laborieuse et si dévouée, fut consacrée au progrès de la science :

« L'amiral Fitz-Roy joignait aux gracieux dehors du gentilhomme les plus solides qualités. Sa parfaite courtoisie, ses généreux sentiments et ses vertus privées le rendaient cher à tous ceux qui avaient la bonne fortune d'obtenir son amitié.

« Rejeton d'une noble famille, il entra, en 1818, à l'âge de quatorze ans, dans la marine royale, avec tous les avantages de la fortune et de l'éducation.

« Il acquit bientôt une brillante réputation par ses campagnes d'exploration scientifique, dans la partie australe du continent américain et les archipels voisins. L'expédition dura huit ans, pendant la moitié desquels il fut appelé à la diriger. Les cartes construites par lui et par ses officiers firent époque dans l'hydrographie anglaise, non-seulement par leur nombre, mais encore par une exactitude inconnue jusqu'alors. Le chef de l'expédition prit personnellement une part très-active à toutes les observations relatives à la géographie physique, et se chargea en outre de la relation historique, qui fut publiée sous ce titre : *Voyages du Beagle*. L'illustre naturaliste Charles

* *Presse scientifique des Deux-Mondes.*

treux phénomène, doivent être l'objet de mesures exceptionelles, propres à vulgariser la nouvelle science et à rendre de plus en plus pratique, aux champs comme à la mer, la prévision rationnelle du temps.

D'un autre côté, il est également certain que les observations journalières et les prévisions qui en découlent, ont, au point de vue de la science, une importance très-grande. C'est en multipliant ces observations, en étendant sur toute l'Europe et bientôt sur le globe entier, le réseau des stations météorologiques, qu'on arrivera à mieux connaître la cause des pertubations atmosphériques, et, par suite, à les mieux prévoir. L'annonce des changements de temps ordinaires est sans doute encore peu utile aux travailleurs, mais les progrès de la météorologie leur apprendront bientôt que les savants doivent à la persévérante étude de ces variations une de leurs belles conquêtes, la connaissance de quelques-unes des grandes lois qui régissent les mouvements généraux de l'atmosphère. Modifiées, suivant les régions, par la distribution géographique des mers et des continents, des plaines et des montagnes, ces lois le sont aussi par le développement ou l'ab-

Darwin, embarqué sur ce bâtiment, y recueillit les faits qui ont été depuis l'objet de ses belles études.

« Pendant son retour en Angleterre par l'Océanie et le cap de Bonne-Espérance, le commandant Fitz-Roy acheva de réunir les éléments de son important ouvrage des *Distances méridiennes*, déduites de l'observation de vingt chronomètres, dont quelques-uns d'une marche supérieure. Pour rendre cette expédition aussi profitable que possible à la science, il dépensa plus de 75,000 francs, pris sur sa propre fortune.

« Entré comme député de Durham à la chambre des communes, il y fit adopter d'utiles réformes relatives à la marine ; mais, en 1843, il dut donner sa démission pour aller remplir les fonctions de gouverneur de la Nouvelle-Zélande.

« Cette mission accomplie, il revint en Angleterre, où il s'occupa sans relâche d'une série de recherches concernant la navigation et surtout la météorologie, dépensant chaque année des sommes considérables en achats d'instruments nouveaux et en expériences. Aussi, lorsque, après la conférence internationale de Bruxelles, les grandes idées de Maury prévalurent dans toutes les marines, ce fut le commandant Fitz-Roy, bientôt élevé au grade d'amiral, que le gouvernement anglais plaça à la tête du bureau météorologique central de Londres.

« En constatant les bienfaits qui résultent des applications de la météorologie nous devons rendre justice aux initiateurs, et comme tel, l'amiral Fitz-Roy mérite d'être placé à côté de Maury dans la reconnaissance de l'humanité. »

sence de la végétation, circonstance qui permet de prévoir la bienfaisante influence de l'homme sur les météores, dans l'avenir de paix et d'union que la science nous prépare.

Élie Margollé.

II

LES PERTURBATIONS PÉRIODIQUES DE LA TEMPÉRATURE.

Tradition populaire sur les perturbations de température; les *Saints de Glace* et l'*Été de la Saint-Martin*; la *Sainte-Dorothée* et la *Saint-Laurent*. — Étude scientifique de ces perturbations; MM. Erman, Petit, Buys-Ballot et Dove. — Relation hypothétique entre ces phénomènes et les apparitions périodiques de météores. — M. Ch. Sainte-Claire Deville; vérification des perturbations thermométriques dans les deux hémisphères, boréal et austral. — Époques critiques des maxima et des minima, et opposition des phénomènes; étude des variations des autres éléments météorologiques. — État actuel de la question.

Parmi les dictons populaires qui consacrent certaines dates de l'année comme particulièrement caractéristiques pour les variations de température, les *Saints de glace* et l'*Été de la saint Martin* sont certainement les plus universellement répandus, du moins dans nos régions, et ceux dont la réputation bonne ou mauvaise paraît le mieux méritée.

Saint Mamert, saint Pancrace,
Et saint Servais;
Sans froid ces saints de glace
Ne vont jamais.

Tel est le proverbe agricole qui annonce pour les 11, 12 et 13 du mois de mai, jours anniversaires de ces saints de mauvais augure, un refroidissement marqué de la température moyenne à cette époque. « La température s'élève rapidement pendant les derniers jours du mois de mai, dit M. Barral dans son calendrier météorologique du *Bon fermier*; mais les agriculteurs ont remarqué depuis longtemps, et les observations météorologiques régulièrement faites ont vérifié cette remarque, que, dans la première quinzaine de ce mois, il se présente un refroidissement notable. De là est venue la prétendue influence attribuée aux trois saints de glace, saint Mamert, saint Pancrace et saint Servais. En

fait, la température, après s'être élevée à peu près régulièrement chaque jour pendant le mois d'avril et quelquefois les premiers jours de mai, subit tout à coup un abaissement notable souvent accompagné de gelée. Tant que cette époque critique n'est pas passée, on doit craindre pour les récoltes : les seigles, les blés, les jeunes pousses des luzernes, etc., sont alors frappés par des gelées subites qui, pour n'être pas durables, n'en sont pas moins assez funestes. »

Le 11 novembre, jour de la saint Martin, ou plutôt les jours qui précèdent et qui suivent cette date populaire, sont au contraire remarquables par un accroissement sensible dans la température moyenne. La marche descendante de cet élément météorologique subit une perturbation, s'arrête, s'élève même, pour ne reprendre qu'après la période signalée, son mouvement normal.

Voilà deux anomalies dont l'observation paraît également constatée et par la longue tradition des populations rurales et par les recherches précises des météorologistes. Sans doute il n'est pas rare, dans le cours d'une année, de rencontrer des perturbations analogues ; mais ce sont le plus souvent des variations locales, irrégulières dans leurs dates, et n'offrant pas, par conséquent, cette périodicité qui caractérise le refroidissement des premiers jours de mai, comme l'élévation de température de la première quinzaine de novembre.

Toutefois, il est à remarquer que deux autres dates paraissent également avoir frappé les observateurs, patients sinon savants, des campagnes de nos contrées. Tandis que la plupart des proverbes agricoles sont à double face et conditionnels, ceux relatifs aux saints de glace et à l'été de la saint Martin sont affirmatifs : ce qui est rare. Or, nous en trouvons un autre qui offre encore le même caractère :

Quand vient la sainte Dorothée,
La neige est plus épaisse.

Ce troisième dicton est relatif au 6 février. L'époque du 10 août, ou de la saint Laurent, est bien encore une date critique pour les agriculteurs ; mais, comme celle du 6 février, elle est moins remarquée et passe pour ainsi dire inaperçue. Cette différence s'explique fort bien. Quand la température est rapidement ascendante, comme en mai, un refroidissement brusque est sen-

sible pour tout le monde; il en est de même en novembre, pour une raison pareille, le phénomène se trouvant, en tout, l'opposé du premier. Au contraire, un refroidissement momentané au milieu de la saison rigoureuse, en février, et un accroissement de température pendant la période des grandes chaleurs ne sont remarqués que par les personnes qui suivent attentivement les variations des phénomènes météorologiques.

Il y a quelque trente ans, on ne se serait peut-être pas beaucoup préoccupé, dans le monde de la science, de ce qu'avait pu recueillir sur les perturbations du temps, le rédacteur anonyme de ce code si souvent plein de crédules aphorismes et de naïves ignorances auquel on a donné le surnom ironique de sagesse des nations. Mais on a fini par s'apercevoir, — et F. Arago est le premier je crois qui ait eu le courage d'en convenir — qu'il se trouve parmi ces croyances ou ces traditions routinières, des vérités de fait dont il importe plus de chercher l'explication rationnelle que de nier *a priori* l'exactitude. En tout cas, elles peuvent mettre sur la voie de phénomènes dont les observations méthodiques auraient pu longtemps méconnaître l'existence.

C'est ce qui est arrivé pour les périodes de perturbation de la température des mois de mai et de novembre, de février et d'août.

Le refroidissement des premiers jours de mai n'est pas particulier à nos régions. Il a été constaté à des latitudes diverses, aussi bien au midi qu'au nord des zones tempérées, comme on le verra plus loin. Dès 1834, un savant astronome, Mædler, le signala, à Saint-Pétersbourg, vers les 9 et 10 mai. Comme il avait remarqué que pour des latitudes plus méridionales, telles que Prague, Dresde et Berlin, ce minimum de température paraissait retardé de deux ou trois jours, et avait lieu seulement du 11 au 12 mai, il avait cru pouvoir lui assigner pour cause la fonte des neiges et des glaces polaires. On sait que lorsqu'une certaine masse d'eau cristallisée à l'état de glace ou de neige passe de l'état solide à l'état liquide, elle absorbe une quantité considérable de chaleur, qu'elle doit emprunter aux objets qui l'entourent, et par conséquent aux couches atmosphériques avec lesquelles elle se trouve en contact. Le refroidissement des régions de l'air voisin des pôles, se propageant du nord au sud, expliquait à la fois, selon Mædler, l'abaissement de température des premiers jours de mai et le re-

tard du phénomène à mesure que la latitude est plus méridionale.

Cette explication, en apparence très-rationnelle, est-elle l'explication vraie? Telle n'est pas l'opinion de plusieurs autres physiciens et météorologistes, parmi lesquels nous citerons le professeur Erman (de Berlin) et le directeur de l'observatoire de Toulouse, M. Petit. Selon le premier de ces savants, pour bien comprendre le phénomène propre au mois de mai, il importe de le rapprocher d'autres perturbations thermométriques qui se reproduisent avec la même constante périodicité à d'autres époques de l'année. Dans une lettre adressée à Arago, en 1840, il s'exprime à cet égard en ces termes : « Les deux essaims ou courants d'astéroïdes que nous rencontrons sur l'écliptique, respectivement vers le 10 août et vers le 13 novembre, ou en d'autres termes, par 316° 5 et par 318° 5 et par 50° à 51° de longitude héliocentrique, s'interposent annuellement entre la Terre et le Soleil : le premier en des jours compris entre le 5 et le 11 février, le second du 10 au 13 mai. Chacune de ces conjonctions opère annuellement, dans lesdites époques, une extinction très-notable des rayons calorifiques du Soleil, et par là fait baisser la température dans tous les points de la surface du globe. »

Arrêtons-nous un instant sur la théorie d'Erman, et voyons comment elle peut rendre compte des refroidissements de février et de mai, et confirmer par là même les dictons populaires relatifs aux *saints de glace* et à l'anniversaire de sainte Dorothée. Quelle sorte de connexion peut-il y avoir entre les deux phénomènes précités et les apparitions des nombreux essaims de météores qui sillonnent les nuits voisines du 10 août et du 13 novembre?

On sait que les étoiles filantes[1] sont regardées par les astronomes comme faisant partie d'un anneau, ou plutôt d'une série d'anneaux de corpuscules circulant autour du Soleil, à la même distance à peu près que la Terre, de l'astre central. Notre planète côtoie, dans sa course annuelle, ces bancs innombrables de planètes en miniature; mais, comme le plan de son orbite ne paraît

[1] Nous renverrons le lecteur, sur ce sujet si intéressant et si neuf encore, à la notice publiée par M. W. de Fonvielle, dans l'*Annuaire scientifique pour* 1863, sous ce titre : *Aérolithes et étoiles filantes*, et à celle de M. P. P. Dehérain l'*Aérolithe d'Orgueil*, insérée dans l'*Annuaire pour* 1865.

pas coïncider exactement avec les plans des anneaux de météores, il en résulte que nous ne sommes pas toujours dans des régions du ciel également peuplées de ces singuliers astres. Vers le 10 août, nous traversons l'un de ces essaims, dans son épaisseur : de là, cette multitude de météores lumineux, d'étoiles filantes, de bolides qui, à cette époque de l'année, sillonnent le ciel de nos nuits de leurs trajectoires enflammées. (Il est bien évident que c'est l'éclat du jour seul qui nous empêche d'être témoins du même phénomène pendant la journée, puisque les apparitions ont lieu pour toutes les régions de la Terre aux divers instants d'une même rotation diurne.) En venant frôler notre atmosphère, ces petits corps, formés la plupart de substances inflammables, brillent un instant à nos yeux et vont continuer loin de nous leur course céleste. Quelques-uns pénètrent plus profondément dans la sphère de l'attraction terrestre; déviés de leur route, ils viennent en éclatant sur nos têtes, se briser et tomber en fragments sur notre sol, donnant ainsi les plus curieux échantillons de la matière qui compose les autres astres. Six mois plus tard, en février, le même essaim coupe une seconde fois le plan de l'orbite terrestre. Mais comme alors, leur distance au Soleil a varié sans doute à cause de la forme allongée des orbites planétaires, la Terre ne les rencontre plus, l'anneau se trouvant alors interposé entre notre globe et le Soleil.

C'est cette interposition, cette sorte d'éclipse de l'astre radieux par une multitude de petits corps, que leurs dimensions rendent invisibles, qui, suivant le savant professeur de Berlin, rendraient compte de l'abaissement de température de février.

Pareillement, un second essaim, un second anneau serait traversé par la Terre en novembre, et interposé entre celle-ci et le Soleil, six mois plus tard, en mai. Et voilà les saints de glace, saint Mamert, saint Pancrace et saint Servais, métamorphosés par la science en troupes de petits satellites du Soleil.

Mais si les conjonctions de février et de mai suffisent pour opérer annuellement une extinction notable des rayons calorifiques du Soleil, et pour faire baisser la température dans tous les points de la surface de la Terre, le passage de notre globe au sein de ces millions de corpuscules n'est-il pas susceptible de produire une perturbation quelconque dans son état thermique?

Telle est la seconde question que s'est posée M. Petit (de Toulouse) et qu'il a cru devoir résoudre affirmativement. Selon lui, les météores de mai et de février ne feraient qu'intercepter une partie de la chaleur rayonnée vers la Terre par le Soleil; tandis qu'au contraire en août et en novembre, les myriades de corpuscules qui enveloppent notre planète diminuent son propre rayonnement dans l'espace, et ralentissent ainsi son refroidissement tout en lui renvoyant une partie de la chaleur qu'ils reçoivent eux-mêmes du Soleil.

On a critiqué cette façon de voir. On a dit que, dans aucun cas, ces phénomènes cosmiques ne pouvaient avoir d'influence sensible sur la température terrestre. On a contesté, d'ailleurs, que l'effet pût être, en mai ou en février, inverse de celui qui doit se manifester en août et en novembre. Aux premières de ces époques, a-t-on dit, l'élévation de la température provenant de la chaleur propre de ces petits corps devrait compenser et au delà le refroidissement qui résulte de leur interposition entre le Soleil et la Terre. Ces critiques ne nous semblent pas fondées. Il est d'abord inadmissible que la face obscure d'un des météores puisse rayonner autant ou plus de chaleur vers nous que ne le ferait la portion du disque solaire éclipsée par son interposition. En outre, quand on songe à la multitude innombrable de corpuscules qui, dans les périodes d'août et de novembre, viennent frôler notre atmosphère, ou même choquer le sol de notre planète, il est permis de croire que la perte de force vive qui en résulte pour eux doit, par sa transformation en chaleur, agir dans le sens d'une augmentation de la température.

Voilà donc deux hypothèses imaginées pour rendre compte du même phénomène. L'une attribue le refroidissement de mai à une cause toute physique, et rattache cette anomalie à des faits dont le théâtre est à la surface même de la Terre. L'autre théorie lui assigne au contraire une cause extra-terrestre, purement astronomique, et même ayant son origine ailleurs que dans les rapports de position et de distance de notre globe et du Soleil. A laquelle des deux faut-il donner la préférence?

Avant de passer à un examen plus approfondi on peut faire deux observations préjudicielles, tout en faveur de la théorie astronomique.

La première, que le lecteur a déjà sans doute faite lui-même,

c'est que si la fonte des neiges et des glaces polaires rend aisément compte de l'abaissement de température de mai, elle n'explique pas du tout celui de février; de plus, les accroissements momentanés de chaleur en août et en novembre restent pareillement sans explication.

Enfin, l'époque de la fusion de la calotte glaciale devrait varier notablement avec la durée et la rigueur des hivers, tandis que les fluctuations observées dans la période de mai, paraissent resserrées entre des limites beaucoup plus étroites.

Mais ce ne sont là que des présomptions contre une hypothèse, non une démonstration rigoureuse de sa fausseté.

Avant tout, et pour ne pas se hasarder sur un terrain peu solide, que doit-on faire préalablement? C'est un examen plus minutieux, plus approfondi des faits qui ont donné naissance aux théories opposées; puis une comparaison non moins étudiée des deux séries de faits observés.

Le travail que nous formulons dans ces deux ou trois lignes vient précisément d'être repris par un savant qui a depuis longtemps fait ses preuves dans le domaine des sciences physiques, M. Charles Sainte-Claire Deville. Et, c'est dans le but de montrer quel pas il a fait faire à la question pendante, que nous avons cru bon d'en donner un court exposé historique.

Mais avant d'entrer dans le détail des faits qu'il a accumulés et des conséquences qu'il en a tirées, complétons l'exposé qui précède à l'aide des documents nouveaux recueillis par M. Deville lui-même.

Un des plus laborieux observateurs météorologistes de notre époque, M. Buys Ballot, a publié dès 1847 un Mémoire où les changements périodiques de la température sont étudiés d'après une longue suite d'observations faites en Hollande, de 1729 à 1846. L'auteur y discute dans un chapitre spécial la théorie d'Erman; mais, bien que personnellement disposé en faveur de cette hypothèse, il ne la regarde pas comme suffisamment établie par la marche de la température, qui, dit-il, « n'est pas encore assez connue dans son état normal pour qu'on puisse juger avec confiance de la signification de ces irrégularités. »

M. Sainte-Claire Deville, en mentionnant ce mémoire, regrette que M. Buys Ballot ait cru devoir grouper ces nombreuses observations de cinq en cinq jours, « ce qui, dit-il avec raison, masque

nécessairement la courte période que nous examinons ici. » Toutefois il fait remarquer que, pour le mois de février, une autre série d'observations de cent années, donnant les températures moyennes diurnes pour Zwanenbourg, groupées de deux en deux, fournit les nombres suivants :

Février. .	7	9	11	13	15	17
	1°.70	2°.00	1°.69	1°.62	2°.11	2°.08
	1°.85		1°.65		2°.10	

d'où l'on conclut un refroidissement sensible pour les quatre jours intermédiaires.

D'un autre Mémoire publié par M. Dove, sous ce titre : *Du froid périodique du mois de mai*, on tire cette conclusion que sur 347 années, il y en a 177 qui donnent des abaissements de température du 8 au 13 mai, du moins pour l'Allemagne et pour la France ; tandis que le nombre des changements du même genre est notablement moindre pour les autres dates du même mois. A la vérité, la probabilité est très-faible relativement à la périodicité de la perturbation du 8 au 13. Mais, là encore, M. Deville a fait ressortir combien le groupement des températures moyennes de cinq en cinq jours est propre à dissimuler la marche réelle du phénomène, « puisque, dit-il, comme je l'ai établi, ce phénomène se compose en réalité d'une oscillation brusque, de sorte qu'on réunit ainsi dans la même moyenne des nombres maxima et des nombres minima. »

Nous avons vu quels étaient les doutes de M. Buys Ballot sur la légitimité de l'hypothèse d'Erman ; M. Dove est plus explicite et la combat dans son Mémoire. D'autres savants, MM. Quetelet et Plantamour, par exemple, y sont pareillement opposés. Quant à M. Sainte-Claire Deville, l'objet de son travail n'est pas tant de contrôler et de vérifier ce qu'il peut y avoir de vrai dans une telle hypothèse, que d'établir le fait même des perturbations, d'en étudier la loi, non-seulement dans le cours de l'année, mais dans la suite des années successives. On va voir, en effet, que la périodicité qu'on avait d'abord signalée paraît beaucoup plus complexe et donne des résultats tout à fait opposés, suivant qu'on considère certaines époques, qui seraient comme les centres de périodes critiques beaucoup plus étendues.

Reprenons maintenant l'exposé de ses propres recherches.

M. Ch. Sainte-Claire Deville s'est demandé d'abord si les quatre anomalies que la tradition, d'accord avec la science, signalait dans la température des saisons terrestres, étaient bien constantes, d'une périodicité incontestable, et dans quelles limites elles s'exerçaient. Au cas, en effet, où les caractères de ces faits n'eussent point été bien établis, il aurait été complétement inutile d'essayer de les comparer à des phénomènes d'un autre ordre.

Considérant d'abord en bloc une assez longue période de 57 années comprises entre 1806 et 1863, puis une autre de 40 années entre 1816 et 1856, M. Deville arrive à reconnaître que du 10 au 16 ou du 11 au 15 de chacun des mois de février et de mai, d'août et de novembre, la perturbation thermométrique se dessine nettement, la dernière exceptée, qui témoigne tout au plus d'une accélération dans le refroidissement des premiers jours, suivie d'un ralentissement pour les derniers jours de novembre. D'autres documents, par exemple, 110 années d'observations thermométriques à Berlin, accusent, pour les 11, 12 et 13 mai, jours des saints de glace, un très-notable abaissement de température. Mais des quatre périodes, la plus marquée paraît être celle de février.

La méthode statistique adoptée jusque-là par M. Ch. Sainte-Claire Deville consiste à calculer la température moyenne d'une même date pour une série d'années, d'après des nombres qui expriment eux-mêmes la température moyenne de chacun des jours considérés. C'est la méthode généralement employée dans les recherches physiques et naturelles, et à l'imitation des physiciens, dans les sciences sociales. Elle offre principalement cet avantage de dégager des variations accidentelles les variations constantes qui permettent d'établir la loi d'un phénomène. Mais aussi, par là même, cette méthode présente un inconvénient grave, celui de masquer, sous une uniformité artificielle, les anomalies réelles dont la périodicité du phénomène est affectée. Employée seule, sans le contrôle de l'examen des maxima et des minima, elle peut donc conduire à des conclusions erronées.

C'est ce qu'a bien compris le savant dont nous analysons le travail. Son but en l'entreprenant était bien de vérifier, après avoir constaté les perturbations en question, si ces perturbations étaient ou non liées avec les époques des retours périodiques des météores.

Mais comme il abordait cette étude, sans idée préconçue sur la nature des relations que pourraient avoir entre elles les deux séries de phénomènes, il ne se contenta pas de considérer en bloc les observations sur lesquelles il s'appuyait. D'ailleurs les faits depuis longtemps connus provoquaient eux-mêmes un examen d'un autre genre. On savait que les apparitions de météores connus sous le nom d'étoiles filantes étaient soumises, dans leur maxima, à des variations considérables. Par exemple, les apparitions de novembre varient dans une période d'environ 34 ans. Deux maxima très-brillants ont eu lieu en 1799 et en 1833. Depuis cette dernière date, le phénomène s'est affaibli au point de disparaître presque entièrement, pour reprendre sa marche ascendante, qu'il atteindra, suivant les prédictions d'Olbers, en 1867. De même, les apparitions d'août ont offert un maximum vers les années 1847 et 1848.

Il fallait donc examiner si la température des jours formant les périodes critiques accusaient des variations correspondantes dans les refroidissements de mai et de février, comme dans les recrudescences d'août et de novembre. M. Deville a fait, dans ce but, deux comparaisons différentes. Il a pris deux périodes de 10 années au milieu desquelles se trouvaient les années des maxima en 1833 et en 1848, calculé pour ces périodes les températures des jours critiques et comparé les résultats soit avec ceux de la période de 57 ans, soit entre eux. On trouve ainsi qu'en février et en mai, le 12 du mois est toujours le centre d'une oscillation de température. « Seulement, en février, l'oscillation de la période 1843-1853, ou du maximum des astéroïdes d'août, est longue et considérable, tandis que l'oscillation de la période 1829-1839, ou du maximum des astéroïdes de novembre, est très-courte et très-faible, et inversement pour le mois de mai. Il est donc permis de conclure de cette double circonstance que c'est bien au passage de la Terre dans le voisinage des groupes d'astéroïdes que se rattachent ces remarquables oscillations de la température en février et en mai.

Mais il importe d'ajouter que si ces deux périodes accusent manifestement des oscillations à certains jours, le sens des oscillations est parfois inverse. Cette remarque est de nature à compliquer singulièrement l'explication de ces coïncidences. Comment en effet, si l'abaissement de température est dans certains cas

corrélatif d'une interposition de météores, concilier l'hypothèse avec le fait absolument contraire d'une conjonction coïncidant avec un accroissement de température? Mais avant de chercher une explication rationnelle des faits, le premier devoir du savant qui a conscience de la valeur d'une méthode rigoureuse est de les constater, sans déguiser aucune des anomalies qu'ils présentent.

Si les perturbations thermométriques des quatre mois cités sont dues à des causes cosmiques, si elles offrent une relation d'origine avec les flux d'étoiles filantes, la Terre entière doit les subir en même temps. Or, jusqu'ici les documents météorologiques apportés à l'appui de cette relation appartiennent exclusivement à des stations de l'hémisphère boréal et à des latitudes tempérées. En est-il de même pour les régions de la zone torride et pour l'hémisphère austral?

Huit années d'observations faites à Saint-Louis du Sénégal accusent un notable abaissement de température, d'une part pour les six jours du mois de février compris dans les dates du 12 au 17, et d'autre part pour la période du 8 au 13 mai.

La perturbation du mois d'août est marquée d'une manière sensible, à l'île Sainte-Hélène, d'après sept années d'observation, à Hobart-Town (Australie), et à Papchete (Haïti), respectivement pour huit et pour trois années. Dans ces deux dernières stations les oscillations de février et de novembre sont à peu près nulles, mais le maximum d'août est au contraire très-net et très-fort.

Remarquons ici que le mois d'août est le plus froid de l'année dans l'hémisphère austral, de sorte que, « comme dans l'hémisphère nord, c'est le mois le plus froid qui subit la plus forte oscillation. »

M. Ch. Sainte-Claire Deville a trouvé dans d'autres séries d'observations thermométriques effectuées à Calcutta, à Madras, à la Guyane anglaise, la confirmation de l'extension des perturbations de température aux régions tropicales. Il est de plus à remarquer que le phénomène est notablement plus accentué dans les années 1833-34-35, c'est-à-dire à l'une des époques critiques dont nous avons parlé plus haut.

Ce qui donne au travail de M. Ch. Sainte-Claire Deville un grand intérêt, c'est que, l'ayant abordé sans parti pris, l'auteur s'est étudié à faire ressortir toutes les particularités favorables ou défavorables à telle ou telle théorie. C'est de la science intelli-

gente et de bonne foi. S'il s'était borné à considérer les longues périodes, où les moyennes masquent les variations du phénomène, des faits intéressants nous eussent échappé.

Du reste la question est loin d'être épuisée. « Il resterait maintenant, dit le savant académicien, à bien fixer, pour chaque mois, l'étendue et la nature de l'oscillation, à rechercher, par exemple, si la secousse du 11 au 13 n'est pas le plus souvent précédée d'une secousse qui affecte les premiers jours du mois, et suivie d'une autre secousse qui se fait sentir du 20 au 23, et qui est quelquefois plus vive que celle du centre ; à s'assurer si la période, plus simple en février et en août, ne se complique pas d'alternances plus nombreuses en mai et surtout en novembre. Il y aurait même à se demander si ces oscillations de la température ne se renouvellent pas, en réalité, chaque mois, vers les mêmes dates, mais plus faiblement pour les huit mois que je n'ai pas encore considérés, et de manière à être le plus souvent masquées par les autres influences atmosphériques. Il faudrait aussi comparer des perturbations simultanées, en divers lieux, rechercher si elles présentent toujours le même sens, ou si, comme on le voit déjà, elles n'affectent pas quelquefois des signes contraires ; déterminer, enfin, l'influence des *minima* et celle des *maxima* diurnes sur le phénomène : des conditions atmosphériques analogues pouvant évidemment amener, suivant les latitudes et suivant les mois de l'année, un refroidissement par le rayonnement du sol vers la voûte céleste, ou un réchauffement dû à l'effet de la radiation solaire. »

M. Deville se propose de réunir tous les documents de nature à jeter quelque lumière sur tous ces problèmes. Dès cette année 1865, il a pu recueillir un assez grand nombre d'observations sur les périodes de février et mai, d'août et de novembre. Mais il ne s'est pas contenté des éléments thermométriques de la question : la pression barométrique, la tension de la vapeur d'eau contenue dans l'atmosphère, les moyennes ozonométriques ont été jointes par lui aux tableaux qui indiquent non-seulement la température moyenne de chaque jour, conclue de la demi-somme des maxima et des minima diurnes, mais encore l'excès qu'a présenté chaque jour, à midi et à l'heure du maximum diurne, un thermomètre à boule noircie sur un thermomètre à boule nue, exposé près de lui à l'ombre. Tous ces éléments accusent nettement les perturbations

déjà constatées par les documents antérieurs; mais en outre, selon les expressions du savant météorologiste : « Ils autorisent à penser que ces perturbations périodiques sont accompagnées d'une modification dans les effets de la radiation solaire, et, dans les proportions du principe actif, quelle que soit sa nature, qui altère la couleur du papier imprégné d'iodure de potassium. » Les observations ozonométriques faites avec tant de persévérance, par M. le docteur Bérigny, à Versailles, confirment celles que M. Ch. Sainte-Claire Deville a instituées lui-même aux environs de Boulogne sur Mer et au phare du Touquet.

En résumé, si les travaux que nous venons de passer en revue n'ont pas fait faire à la question si intéressante des perturbations météorologiques, un pas qu'on puisse considérer comme décisif, la raison en est que les matériaux nécessaires à l'élucidation complète du problème sont encore insuffisants; mais, résultat bien plus important à nos yeux, la méthode propre à conduire au but est nettement tracée, grâce aux recherches laborieuses de M. Ch. Sainte-Claire Deville et à l'esprit vraiment scientifique avec lequel il les a poursuivies.

A la vérité, la relation supposée entre ces phénomènes atmosphériques et les phénomènes astronomiques des apparitions d'étoiles filantes ne nous paraît pas de nature à être encore ni établie ni infirmée. Il faudra, pour trancher la question, rassembler tous les documents et observations relatifs à ces derniers phénomènes, tant pour les époques passées que pour les années à venir, puis les discuter en se servant précisément de la méthode employée pour l'étude des perturbations de la température. Mais dès maintenant cependant, la concordance entre ces deux séries de faits nous semble assez remarquable pour qu'on puisse, sans trop de présomption, pencher en faveur de l'affirmative.

D'ailleurs, la relation de cause à effet dont il s'agit, fût-elle démentie par la suite, que les recherches dont nous venons de faire l'histoire conserveraient, à d'autres points de vue, tout leur intérêt. Elles ouvrent un vaste champ à des comparaisons d'une autre nature, dont l'importance scientifique serait au moins égalée par leur importance sociale. On en jugera par les paroles suivantes que nous empruntons à M. Ch. Sainte-Claire Deville, et par lesquelles nous terminerons cette notice : « Toutes ces considérations ne condui-

sent-elles pas presque forcément à rechercher l'action de ces périodes critiques caractérisées par de brusques variations dans la température, non-seulement sur la santé des végétaux, mais sur celle de l'espèce humaine? Ne peut-on pas demander aux registres des hôpitaux si certaines affections ne sont pas plus fréquentes à certains jours de certaines années? Ne peut-on pas remonter même dans le passé et demander à l'histoire et aux chroniques s'il n'existerait pas quelques traces de périodicité pour certaines grandes perturbations dans la santé publique, comme les deux invasions du choléra qui, peut-être fortuitement, ont éclaté en 1832 et en 1849 [1], vers le centre de chacune des deux périodes critiques que j'ai considérées, et qui nous sont venues du Nord, comme les aurores boréales, comme il semble aussi qu'il en soit de ces grandes vagues atmosphériques qui propagent les perturbations de la température? »

AMÉDÉE GUILLEMIN.

[1] Lorsque M. Sainte-Claire Deville écrivait ces deux dernières dates, il ne se doutait guère que l'année 1865 serait pareillement signalée par une nouvelle apparition du fléau, et qu'il y aurait lieu d'étudier de la même manière les rapports qui existent peut-être entre les variations des éléments météorologiques et l'épidémie qui dure encore. Nous savons que M. le docteur Berigny dont nous avons cité plus haut les observations ozonométriques (le nom de M. Houzeau * nous vient à cette occasion comme un des savants qui étudient avec le plus de zèle les mêmes phénomènes), enregistre avec un grand soin toutes les variations du papier ioduré, dans la pensée de les mettre en regard des variations d'intensité de l'épidémie cholérique actuelle.

* Voyez dans l'*Annuaire scienifique pour* 1863 la composition de l'atmosphère; les travaux de MM. Schœnbein, Ed. Becquerel et Frémy, Houzeau, Cloëz, sur l'ozone atmosphérique y sont rapidement résumés.

GÉOLOGIE

LES VOLCANS

A PROPOS DE LA DERNIÈRE ÉRUPTION DE L'ETNA

L'année qui vient de s'écouler a été marquée par une éruption de l'Etna, mais ce volcan n'a pas été le seul en activité ; son antipode, le Mouna-Roa, a également donné signe de vie, et tout récemment encore le *Moniteur* mentionnait des mouvements extraordinaires dans un volcan californien. Il ne faudrait pas en conclure que les forces souterraines aient développé en 1865 une énergie supérieure à celle qu'elles avaient développée les années précédentes; mais l'attention a été spécialement appelée sur leurs manifestations par le voisinage de l'Etna, et elles ont pu être étudiées de plus près. Des descriptions ont été publiées dans les journaux, et particulièrement dans le journal officiel; des travaux plus spéciaux ont été communiqués aux corps savants. Les descriptions ayant été faites, et bien faites, il serait oiseux de les répéter ici, d'autant plus qu'elles sont à la portée de tous; il n'en est pas de même des communications auxquelles j'ai fait allusion, et notamment des observations de M. Fouqué sur les vapeurs dégagées, soit du cratère de l'Etna, soit de la lave elle-même. Pour que l'importance scientifique de ces travaux soit mise en lumière, pour que le lecteur y voie autre chose qu'une analyse de plus, il lui est nécessaire de présenter certains faits et certaines théories qui n'ont pas encore cours dans les traités les plus répandus, et qui ne sont pas encore parvenues au second degré de vulgarisation, c'est-à-dire qui sont le partage des hommes spéciaux, mais qui n'ont pas encore été répandus dans le public, soit par un livre, soit par une publication périodique.

En laissant la partie descriptive de côté, je me propose d'exposer l'état actuel de la science relativement aux volcans, et de montrer en quoi les observations récentes ont confirmé les idées acquises.

I

Distribution des volcans à la surface du globe.

Humboldt compte 407 volcans à la surface du globe, dont 225 seulement en activité depuis les temps modernes : depuis, on a porté ce nombre à 270, parmi lesquels 190 sont dans les îles ou sur les bords de l'océan Pacifique. J'ai déjà appelé l'attention sur cette grande fracture, probablement très-récente, du globe, qui, commençant à la Terre-de-Feu, longe toute la côte du continent américain, et se prolonge par le Kamtchamka, le Japon, jusqu'aux Moluques, à Java et Sumatra. La plus grande partie des volcans en activité sont placés sur cette ligne, ou à peu de distance, et généralement alignés le long de fractures plus anciennes. En dehors de cette série remarquable, on trouve encore des volcans actifs dans la Nouvelle-Bretagne, les îles Salomon, les Nouvelles-Hébrides, la Nouvelle-Calédonie, la Nouvelle-Zélande et jusque dans le voisinage du Pôle antarctique, où l'illustre marin anglais sir John Ross a découvert l'Érèbe et le mont Terreur, au milieu des glaces. L'Australie, tant orientale que méridionale, est également volcanique ; mais la période d'activité de ces volcans semble plus ancienne, ainsi que celle des volcans de Taïti, des îles de Pâques et de Juan-Fernandez, tandis que les volcans des îles des Amis, des Sandwich, sont encore en éruption, et c'est parmi ces derniers que se trouve le célèbre Mouna-Roa sur lequel j'aurai occasion de revenir. Si, la surface limitée par la grande fracture est riche en volcans, il en est de même de l'autre côté de cette ligne : Le Chili, la Bolivie, le Pérou, les petits états de l'Amérique centrale, le Mexique, avec les volcans de Tuxtla, d'Orizaba, le Cofre de Perote, le Popocatepetl, le Jorullo, le Colima, l'Amérique du Nord avec les montagnes des Cascades, dans l'Orégon, le mont Régnier, Sainte-Hélène, Fairweather, et enfin le mont Saint-Élie, à la frontière de l'Amérique russe et des États-Unis, possèdent tous des volcans encore actifs, et les espaces qui les séparent

sont presque tous couverts de déjections volcaniques plus anciennes.

L'Atlantique, quoique plus pauvre que le Pacifique, nous offre encore les Shetlands du sud, dont les falaises sont composées de couches successives de lave et de glace, et qui relient la Terre-de-Feu aux volcans antarctiques, complétant ainsi la grande ligne volcanique qui enserre le Pacifique.

Cet immense foyer volcanique se relie aussi à notre hémisphère par les volcans des Antilles, encore en activité, qui ont été si bien décrits et étudiés par M. Deville; l'île volcanique aujourd'hui éteinte de Fernando-Noronha, la Trinité, l'Ascension, Sainte-Hélène, les îles du golfe de Guinée, Annobon, Saint-Thomas, les îles du Cap-Vert, les Canaries et les Açores. De plus, au milieu de l'Atlantique, sur la ligne la plus courte de l'Ancien au Nouveau Monde, se trouve une région souvent agitée avec violence, quoique sans vent, avec des inégalités de fond subites et variables; des scories flottent de temps à autre à la surface des eaux qui s'entr'ouvrent pour donner passage à des colonnes de fumée. L'Islande enfin n'est qu'un immense volcan.

L'activité de l'ancien continent, en négligeant l'Afrique, sur laquelle nous avons jusqu'ici peu de renseignements positifs, est concentrée presque tout entière dans une bande d'une vingtaine de degrés de largeur, qui couvre la Méditerranée, et où se trouvent : la Sardaigne, témoin d'éruptions peut-être historiques, le Vésuve et les champs Phlégréens, l'Etna et les îles volcaniques de la Sicile, l'Archipel presque tout entier, dont certaines îles, Santorin, Aspronisi, ne sont que des fragments de cratère; l'Ergish-Dagh (Argée des anciens), la Palestine, l'Elbrouz, l'Ararat, le lac de Van et les régions volcaniques, éteintes aujourd'hui, de la Perse, de la province de Koutch (où une éruption a encore eu lieu en 1819), du Dekhan, qui est couvert de lave sur une étendue de 400,000 kilomètres carrés; cette bande rejoint par l'empire Birman la ceinture de l'océan Pacifique. L'intérieur du continent asiatique, s'il était mieux connu, nous permettrait de relier encore par une autre voie la bande méditerranéenne avec la ceinture du Pacifique; le Kouenlun, le Thian-Chau, l'Altaï, les monts Jablonoë, qui conduisent du plateau persan au Japon et au Kamtchatka, sont en grande partie volcaniques. Les annalistes chinois parlent du Peschan et du Ho-Tekeou, près de Toufan, comme actuellement en éruption; on sait que le soufre et le sel

ammoniac, produits habituels des volcans, comme nous le verrons plus loin, se récoltent dans l'Altaï.

L'espace que nous n'avons pas encore étudié, compris entre le pôle sud, l'Afrique, la Perse et l'Australie, contient encore en Arabie, à Médine, au sud de la Mecque, en Afrique, à Aden l'île de Socotora, des volcans en activité. Bourbon, Maurice, les îles Amsterdam, Saint-Paul, Kerguélen, l'une des Comores, et probablement toutes les îles isolées surgissant d'une mer profonde, sont encore volcaniques.

Dans cette rapide et incomplète énumération, nous avons omis bien des régions où l'énergie volcanique est éteinte depuis la période historique, telles que la Catalogne, l'Eifel, l'Auvergne, la Styrie, la Hongrie; elle est cependant suffisante pour prouver au lecteur que, même aujourd'hui, il n'est pas de région si peu étendue, à la surface de la terre, qui ne soit sujette à des éruptions volcaniques. Ces volcans, et parmi eux ceux qui comme le Stromboli sont en activité permanente, sont assez nombreux pour qu'on puisse affirmer que ces phénomènes, au lieu d'être locaux et accidentels comme le pensait M. de Humboldt, sont au contraire très-généraux et permanents, que leur étude touche de près à l'histoire de notre planète.

Peut-être ce sujet paraîtra-t-il encore plus intéressant lorsque, après avoir rapidement examiné les phénomènes actuels, nous rechercherons leurs analogues à travers les âges géologiques.

II

Première étude générale des phénomènes volcaniques.

Il n'est pas indifférent de constater, en même temps que l'extension de ces phénomènes, leur identité quand on passe d'un point à un autre, identité qui se trouve tant dans la forme conique des volcans et la présence d'un cratère ou vaste bassin circulaire qui les couronne, que dans la nature de leurs produits, et dans le mécanisme des éruptions. Nous diviserons les volcans en trois classes. Dans l'une l'éruption est sous-marine, et les produits non gazeux restent au fond de la mer ; nous ne pouvons les étudier que lorsque les mouvements du sol, d'ailleurs fréquents dans

les régions volcaniques, les ont amenés au jour. Lorsque par suite des circonstances mêmes de l'éruption, l'orifice de la cheminée souterraine se trouve élevé au-dessus du niveau de la mer, ou que telle est sa position primitive, le volcan devient sous-aérien, et c'est là sa forme la plus habituelle, ou du moins sous laquelle il est le mieux observable, et alors nous distinguerons les volcans qui sont en état d'éruption permanente, généralement modérée, et ceux dans lesquels de longs intervalles de repos séparent des périodes d'activité extraordinaire dont l'énergie paraît en rapport avec la durée du repos ou du sommeil des forces souterraines.

Le Stromboli est un exemple bien connu et souvent observé d'un volcan en éruption permanente. Depuis le temps d'Homère au moins, ce phare naturel a guidé les pêcheurs, auxquels il sert encore de baromètre; deux volcans dans le Nicaragua, Masaya et Amatitlan, Sangai, dans l'Amérique du Sud, plusieurs volcans à Java, Sumatra, un autre dans le Japon, sont aussi constamment en éruption.

A Masaya, comme au Stromboli, un observateur placé sur le bord du cratère voit au-dessous de lui une masse de lave à la chaleur blanche, dont la surface est recouverte d'une croûte fendillée ou de blocs de lave solidifiés; toutes les dix minutes, à Stromboli, tous les quarts d'heure à Masaya, la lave monte dans le cratère et laisse échapper une énorme bulle de vapeur qui, en crevant, projette vers le ciel une quantité de blocs solides et de gouttelettes de lave qui, en se solidifiant dans l'air, produisent ce qu'on nomme les scories; après cette expulsion, la lave redescend dans le cratère pour remonter ensuite. Des blocs et des scories rejetés, une partie retombe dans le cratère, et, usée par ces frottements répétés, est finalement réduite à l'état de sable ou de cendres qui sont facilement emportés par le vent et peuvent s'étendre fort loin; le reste roule sur les flancs coniques de la montagne et s'y arrête, ou, quand leur roideur ne le permet pas, est entraîné dans la mer et fournit un aliment aux sédiments marins. La vapeur se condense au sommet du volcan en un nuage épais qui, reflétant la vive lumière de la lave bouillante, donne lieu à cette apparence de flammes, signalée par les navigateurs.

Parfois une ouverture se déclare sur le flanc du cône, à un niveau inférieur à celui de la lave dans la cheminée centrale, et

donne issue à un courant de lave qui se perd dans la mer; en même temps le niveau s'abaisse dans la cheminée pour s'élever ensuite lorsque la crevasse a été remplie de lave solidifiée. Ces phénomènes se produisent principalement pendant les époques de plus grande activité du volcan, c'est-à-dire de grande dépression barométrique.

L'immense volcan de Kilauea, dans l'île d'Hawaï, dont le cratère a plus de 11 kilomètres de tour, est également en éruption permanente. Le lac de lave bouillante qui le remplit éprouve dans son niveau des oscillations de plus de 400 mètres, suivant le niveau de l'orifice qui soutire en quelque sorte la lave, et dont la distance au cratère est quelquefois de plus de 10 kilomètres. En 1839, plusieurs orifices, alignés suivant une direction passant par l'axe du cratère, vomirent des courants de lave qui roulèrent jusqu'à 48 kilomètres en mer. Ce soutirage avait abaissé de 450 mètres le niveau de la lave dans le grand cratère qui, en 1844, était de nouveau comblé. La surface de la lave n'est pas toujours visible dans cet immense puits; elle est généralement recouverte de blocs solidifiés.

De temps à autre une bulle de vapeur qui crève met à nu le liquide bouillant, frayant un passage aux suivantes, forme dans l'épaisseur de la croûte une cheminée secondaire, autour de son orifice s'accumulent les débris fragmentaires et pulvérulents qui donnent naissance au milieu du lac à un cône, réduction du Stromboli, dont le sommet ouvert laisse passer des vapeurs mêlées de cendres et de lave et rejette des blocs plus petits. Ces petits cônes secondaires ont une hauteur de 20 à 30 mètres.

L'identité des phénomènes et de leurs causes en ces deux points antipodiques est patente, les légères différences s'expliquent et n'ont d'autre cause que la différence des échelles. Une seule bulle de vapeur qui peut remplir la cheminée du Stromboli ne pourrait soulever en masse l'étang qui remplit le cratère du Kilauea.

Les volcans dont l'activité n'arrive à l'éruption qu'à des intervalles plus ou moins éloignés ne présentent eux-mêmes aucun phénomène distinct de ceux-ci pendant la période éruptive autrement que par la violence des éruptions et les changements dans la forme de la montagne qui accompagnent le plus souvent ces paroxysmes. Qu'on relise la description que Pline nous a laissée de l'éruption du Vésuve en l'an 79, celle que le docteur Junghuhn

a donnée de la grande éruption du Papandayang et des autres volcans de Java, les récits de Humboldt sur les volcans des environs de Quito, les récits plus modernes des grandes éruptions islandaises, ou, enfin, les notes diverses qui ont rempli les journaux ou les bulletins des corps savants relativement aux différentes éruptions toutes récentes des volcans italiens, la série des phénomènes sera toujours la suivante :

Annonce de l'éruption par des secousses, des bruits souterrains analogues à des décharges d'artillerie, propagés[1] à une grande distance et avec une grande rapidité par l'écorce terrestre, *formation de crevasses*, disparition de l'eau des puits, etc.

Une violente explosion se fait entendre, il y a projection ou effondrement d'une partie de la montagne, généralement du sommet de l'un des cônes résultant d'une éruption antérieure, dégagement d'une immense quantité de vapeur d'eau dont la condensation rapide produit des torrents d'eau rapidement transformés en torrents de boue par les cendres et les matières meubles qu'ils arrachent aux flancs du volcan. Cette vapeur d'eau entraîne avec elle des poussières fines qui se répandent sur le pays environnant et obscurcissent la lumière du jour, formant, à une hauteur variable au-dessus du volcan, un grand nuage obscur qui paraît supporté par une colonne de nuages presque sphériques d'une éclatante blancheur, sans cesse poussés vers le haut par les explosions du cratère. Les fragments arrachés aux parois de la cheminée et les scories que la vapeur entraîne retombent autour de l'orifice d'éruption, et forment autour de lui un nouveau cône.

En même temps la colonne de lave, dont s'échappent les bulles de vapeur, s'élève suivant la voie que lui ont ouverte les explosions, et s'écoule dévastant tout sur son passage, ou bien par-dessus les bords du cratère, ou bien par des crevasses intérieures dont les orifices sont placés plus bas, mais sur une ligne droite passant par l'axe du volcan. Le niveau du liquide s'abaisse ensuite, les orifices inférieurs vomissent toujours la lave, tandis que les supérieurs continuent à émettre des vapeurs. Enfin, tout écoulement de lave, toute explosion cesse, et l'éruption est terminée.

Les désastres s'augmentent encore quand le volcan est recou-

[1] La distance à laquelle ces explosions sont entendues peut être considérable. Les détonations du Jorullo furent entendues à 210 lieues, à Saint-Vincent des Antilles, celles du volcan de Sumbava le furent à 410 lieues.

vert de neiges perpétuelles, ou quand son cratère, obstrué depuis longtemps, a été rempli par un lac. Le Cotopaxi, dont les neiges ont été fondues en un jour, et les volcans islandais qui émergent au milieu de champs de neige, ont donné lieu à d'effroyables débâcles.

Ainsi s'expliquent, et l'accroissement permanent de la masse du volcan par les matières fragmentaires ou liquides rejetées, et la formation du cratère et celle d'un cône à l'intérieur de celui-ci. Vienne un nouveau paroxysme moins intense, une portion du cône de l'éruption précédente sautera seule, donnant lieu à un nouveau cratère plus petit, et ainsi de suite. Si, au contraire, le paroxysme suivant est plus intense, il fera sauter, non-seulement le cône, mais encore une portion plus grande de la montagne, c'est-à-dire l'ancien cratère qui se trouvera agrandi. Le plus souvent ces cônes et cratères successifs sont concentriques et semblent emboîtés les uns dans les autres. Le Vésuve peut être cité comme un magnifique exemple de cette singularité ; le plus grand de tous ces cratères (la Somma) paraît avoir reçu sa dernière forme de l'éruption de l'an 79. L'Etna est, au contraire, un peu excentrique.

On se rend également compte ainsi, et de la structure en couches inclinées à partir du sommet du cône, et composées de laves consolidées, de sables volcaniques, de tuf (dépôt boueux de cendres mélangées avec l'eau, puis séchées), et des filons verticaux de lave, que mettent à nu les érosions produites par les pluies ou les dislocations, et qu'on peut observer dans presque tous les volcans.

Il reste cependant un certain doute sur la manière dont s'est formé la première fois le canal qui a livré passage aux produits gazeux et aux laves. Suivant les uns une fissure se déclarerait dans l'écorce terrestre au-dessus du foyer volcanique, cette fissure serait immédiatement injectée de lave, qui produirait l'éruption dès qu'elle arriverait en contact avec l'atmosphère, et produirait autour du ou des points où elle entre en ébullition un cône volcanique. Suivant les autres, au point où doit exister le volcan, l'écorce tendue par la pression des gaz contenus dans la lave se déchirerait circulairement, en forme de vessie creuse, comme par l'explosion d'une bulle gigantesque.

Cette dernière théorie, à laquelle on a donné le nom de théorie des cratères de soulèvements, n'est certainement pas générale;

ainsi le Monte-Nuovo, qui s'est formé en trois jours sur les bords du golfe de Baies, le Jorullo, ou du moins les Malpais et les hornitos qui le hérissent, sont plutôt des accumulations de matières volcaniques rejetées par des éruptions successives, et c'est à ce mode de formation qu'il faut attribuer l'inclinaison régulière des couches à partir du cratère, et le bombement apparent du sol des Malpais provient bien probablement de la liquidité imparfaite des laves qui se sont naturellement accumulées en plus grande quantité autour de l'orifice d'éruption.

De là à conclure qu'il n'y a jamais, lors de la formation d'un nouveau volcan, ou, ce qui revient au même, d'une éruption suivant un intervalle de repos assez long pour permettre une consolidation de la masse du volcan, production d'un soulèvement circulaire des couches préexistantes, soit sédimentaires, soit d'origine volcanique plus ancienne, serait trop hardi. Il semble que si l'action des forces internes se concentre en un point de la croûte terrestre, soit parce que ce point est un point de moindre résistance, soit parce qu'il y a réellement en ce point un excès de tension, il devra y avoir en ce point un soulèvement produisant un bombement de la surface, suivi d'une déchirure circulaire tout autour du centre. Si donc il était constaté que les couches sédimentaires qui ont préexisté à l'éruption se trouvent inclinées à partir du cratère, ou que les couches déjà inclinées de lave ou de tuf ont subi une augmentation d'inclinaison, on devrait attribuer une partie du relief des volcans au soulèvement. Malheureusement les difficultés d'observations à ce sujet sont grandes, et prêtent toujours à des objections. Ainsi les adversaires absolus de la théorie des soulèvements diront que le bombement des couches sédimentaires vers la partie centrale du volcan n'est dû qu'à l'intrusion de la lave dans les fissures soit horizontales, soit verticales, intrusion plus forte dans le voisinage de la cheminée qu'au loin. Si l'on part d'observations d'après lesquelles la lave ou les boues volcaniques ne s'arrêtent que lorsque l'inclinaison ne dépasse pas 5° ou 6°, et que, par suite, les couches plus inclinées que l'on remarque sur les flancs de l'Etna doivent avoir subi un soulèvement depuis leur consolidation, on objecte que la pente minimum sous laquelle se consolide une lave dépend de sa viscosité, c'est-à-dire de sa composition chimique et de sa température et que la lave s'est même solidifiée en cascade. Sans entrer immédiatement dans

la discussion de ce point, on peut cependant noter que les adversaires les plus déclarés de cette théorie comparent les cratères aux petites cavités circulaires qui se formeraient à la surface d'une bouillie de plâtre mêlée avec de l'eau et de la glu, qu'on ferait sécher sur un feu assez violent pour provoquer une ébullition rapide.

Autre part, « les volumes de vapeur, s'élevant du fond, ont pu quelquefois s'amasser à la surface d'un réservoir souterrain de lave en une ou plusieurs énormes bulles aplaties comme les bulles d'air qui se forment sous la glace. Ces bulles ou ampoules auront nécessairement une forme approchant de la sphère, et il ne paraît pas incroyable qu'elles aient pu, dans certains cas extrêmes, s'étendre horizontalement jusqu'au point d'avoir plusieurs kilomètres de diamètre Si la tension de la vapeur contenue dans une telle cavité en disque vient à augmenter par de nouvelles additions de vapeur ou de chaleur, ou même des deux réunies (comme cela doit nécessairement arriver par suite de l'accroissement continuel de la chaleur provenant du fond jusqu'à la couche inférieure de lave avec laquelle communique cette bulle) la somme des résistances supérieures doit être surmontée à la longue, et s'il arrive que la surface de la lave ne soit pas à une grande profondeur, les roches supra-jacentes céderont et s'entr'ouvriront sur une grande étendue plus ou moins circulaire correspondant à l'étendue superficielle de la bulle explosive. Les fragments déchirés de ces roches retomberont probablement dans le gouffre ainsi ouvert sans explosion extérieure violente, ou peut-être la lave elle-même peut rapidement se décharger à travers quelque autre orifice offrant une issue plus facile, ouverte par le contre-coup de l'explosion ou l'explosion elle-même. »

M. Poulett Scrope, auquel j'emprunte ces lignes, range parmi les cratères qui pourraient être ainsi produits les cratères d'Hawai, et en général les cratères-puits dont les bords sont peu élevés audessus du pays environnant, et qui, néanmoins, sont entourés de scories, de cendres qui prouvent la présence de lave liquide, et démontrent qu'il a existé en ces points de véritables éruptions.

Les lacs de l'Eifel, ceux des Champs Phlégréens ; de Bolsena, de la Nouvelle-Zélande, annoncent encore la même origine, et il est difficile de voir entre cette explication et celle des cratères de soulèvement de grandes différences, si ce n'est que M. Poulett

Scrope précise autrement que n'ont cru devoir le faire les derniers défenseurs de cette théorie ; la nature des forces soulevantes, et si l'on accepte cette explication, il faudrait convenir que la formation d'un pareil cratère doit ressembler à l'explosion d'une chaudière éclatant et dégageant toute sa vapeur d'un seul coup, ou à l'explosion d'une mine, pour me servir des expressions mêmes de M. Scrope, comparaison qu'il rejette cependant ; il faut néanmoins ajouter que beaucoup des exemples de cratères, choisis par Humboldt comme cratères de soulèvement, l'ont été malheureusement, et doivent leur origine à une suite d'explosions répétées ayant détruit une portion d'un cône produit de l'accumulation des matières rejetées dans une série d'éruptions précédentes.

Quant aux éruptions sous-marines, on ne peut que présumer leur nature, puisqu'elles sont nécessairement invisibles et que des navires de passage peuvent seuls donner quelques renseignements, qui sont toujours conformes à ce qu'on doit supposer d'après les éruptions sous-aériennes, en tenant compte de la différence des milieux. Les vapeurs accompagnées de cendres, la ponce, arrivent parfois jusqu'à la surface de l'eau témoignant de la présence des gaz dans la lave sous-marine. Le plus souvent cependant la mer est seulement échauffée, décolorée et les poissons tués, ce qu'on peut observer encore lorsqu'un torrent de lave se jette dans la mer. Les matières fragmentaires sont nécessairement balayées dans les mouvements violents des eaux qui suivent l'explosion de chaque bulle de vapeur. Il est arrivé cependant que par la rapidité de leur accumulation ou par le soulèvement du fond de la mer, elles ont pu, avant d'être emportées, former un cône s'élevant à la surface de la mer et projetant des scories. Cette île, après une courte existence, balayée par les flots, est remplacée par un bas-fond tout autour duquel la sonde relève de grandes profondeurs, tel que celui qu'a laissé la célèbre île Julia ou Graham qui fit son apparition en 1831 dans la Méditerranée pour disparaître trois semaines après.

Enfin, entre le repos complet du volcan et l'état d'éruption se place une phase d'activité particulière, qui peut se prolonger pendant plusieurs siècles, symptôme de la permanence de l'action volcanique. Tout dégagement violent de matières solides ou fondues cesse, et est remplacé par un dégagement très-abondant de vapeur d'eau, entraînant avec elle de l'hydrogène sulfuré, des

chlorures de fer et de cuivre, de la silice, des sels de potasse, de soude et d'ammoniaque, des hydrogènes carbonés, ou des produits de la réaction de ces diverses matières entre elles ou sur les agents atmosphériques. Comme j'aurai occasion de le démontrer plus tard, ces produits sont identiques à ceux qui se dégagent de la lave elle-même sous forme de fumerolles, et doivent être attribués à la présence, à une grande profondeur, d'une masse de lave encore à une haute température. A mesure que le foyer se déplace ou s'éteint, ces émanations elles-mêmes cessent peu à peu, sont remplacées par des sources d'acide carbonique ou de sources calcaires ferrugineuses ou alcalines, généralement thermales, dont la température et la composition se rapprochent à la longue des sources ordinaires.

En résumé, l'action volcanique se traduit à la surface de la terre : 1° chimiquement par l'apparition de deux séries de corps, les uns liquides à haute température, les autres volatils et qui peuvent par suite s'étendre beaucoup plus loin du foyer, et apparaître encore quand son énergie affaiblie ne lui permet pas d'envoyer la masse ignée elle-même au jour, à travers l'écorce terrestre; 2° par des mouvements et des changements de forme que nous allons étudier avec quelques détails.

III

Étude détaillée de l'Etna. — Conclusions qu'on doit en tirer relativement à la formation d'un grand nombre de volcans.

C'est précisément sur l'Etna, que nous allons rechercher, avec M. de Beaumont, jusqu'à quel point il est possible de le considérer comme le produit de l'accumulation des matières rejetées par le volcan.

Remarquons d'abord qu'il peut y avoir des éruptions sans formations de cratères ni de cône proprement dit. A Lanzarote, l'une des Canaries, en 1730, le sol se fendit et laissa épancher une lave basaltique qui s'étendit sur une partie considérable de l'île. Le long de la fente s'élevèrent de petits cônes parasites, c'est-à-dire nés sur la lave et formés de scories comme ceux du Mouna-Roa et projetant des gaz et des débris.

En 1301, les flancs de l'Epomeo (île d'Ischia) s'ouvrirent et il en sortit une lave dont la consolidation produisit un trachyte identique à celui qui forme l'île ; aucun cratère ne fut formé. Il peut donc y avoir des éruptions sans formations de cratères, par suite, la formation de ces derniers peut être attribuée à une autre cause ; en d'autres termes, il y a dans une éruption avec formation d'un cratère quelque chose de plus que l'émission de la lave elle-même. En effet, ces émissions de lave, quoique accompagnées de dégagement de cendres et de gaz, n'ont rien produit qui ressemble à une montagne ; les exemples cités plus haut, tels que celui du lac Pavin (Auvergne), montrent qu'une grande cavité peut se produire au milieu d'un district volcanique dont les couches sont horizontales. On est donc conduit à penser que l'émission de la lave, le dégagement des gaz, qui sont les caractères fondamentaux de l'éruption, n'entraînent pas nécessairement la formation du cratère d'une montagne ; que si certains orifices volcaniques se trouvent actuellement à une grande hauteur, ils peuvent y avoir été portés par une cause autre que l'accumulation graduelle des déjections, et que leur origine peut être autre que la projection en l'air d'une portion du massif.

Si j'ai exposé les phénomènes en partant de ce dernier point de vue, que je vais démontrer n'être pas général, c'est qu'il m'a paru naturel de suivre l'ordre des idées qui se sont successivement présentées aux esprits des géologues, que les choses semblent, en effet, se passer ainsi au premier abord, et qu'il a fallu des observations délicates pour modifier ces opinions ; nous procéderons ainsi par approximations successives, suivant la marche générale des sciences, dans laquelle la rectification d'une idée fausse est un progrès au moins égal à la découverte d'un fait nouveau.

L'Etna s'élève sur la côte orientale de la Sicile et se détache nettement du relief général de la contrée ; son massif est baigné par la mer à l'est, et séparé du reste de l'île par deux rivières, ne laissant entre elles qu'un col étroit dont la hauteur s'élève à peine au cinquième de celle de l'Etna. La hauteur du point culminant, l'un des bords du cratère actuel, est de 3,300 mètres au-dessus du niveau de la mer ; le point du rivage qui en est le plus voisin, Riposto, est à plus de 21 kilomètres du cratère ; si l'on supposait l'Etna parfaitement conique, ayant son sommet au centre du cratère, l'arête la plus inclinée de ce cône aurait une pente

de moins de 15 centimètres par mètre. On peut citer en Bretagne des routes sur lesquelles circulent les voitures et qui ont cette inclinaison; l'inclinaison de 16 centimètres est un maximum que ne dépassent pas les rampes (non les talus) des ouvrages fortifiés. Si donc l'Etna se réduisait au cône dont je viens de parler, ses pentes justifieraient peu l'épithète de colonne du ciel que Pindare lui donne, si le poëte n'avait encore renchéri sur l'exagération habituelle dans laquelle on tombe quand on veut évaluer une pente sans instruments.

Cette pente n'offre pas la régularité que nous venons de luî supposer; de quelque côté que l'on considère l'Etna, il ne présente pas un profil rectiligne. En partant du bord de la mer, on rencontre d'abord un terre-plein très-légèrement bombé, qui est cultivé partout où une coulée de lave trop récente ne l'a pas recouvert, puis des talus plus inclinés formant dans leur ensemble un tronc de cône dont les arêtes seraient inclinées de 7° à 8°, et qui est couvert de bois. L'uniformité de ces talus n'est interrompue que par les cônes de scories, résultat d'éruptions latérales des cônes parasites.

Enfin, en approchant encore davantage du centre du massif, le tronc de cône formé par ces talus latéraux se trouve brusquement interrompu par un groupe de saillies plus rapides dont la réunion constitue la gibbosité centrale, qui, par suite de son irrégularité, rencontre les diverses arêtes du tronc de cône à des hauteurs différentes. La plus grande partie de cette région qui se trouve au-dessus de 1,700^{m}, est nue et constitue la troisième région, Regione-Netta de l'Etna. Cette gibbosité se compose : 1° d'un tronc principal terminé à sa partie supérieure par un plan légèrement incliné du nord au sud, le Piano del Lago; 2° de deux bras partant de ce tronc, dirigés à l'O-S-O, et comprenant entre eux un espace relativement creux dans lequel se prolongent les talus latéraux et qui porte le nom de Val del Bove.

Ces deux bras constituent deux arêtes tranchantes dont les pentes extérieures sont très-rapides et atteignent jusqu'à 32° (près de 60 centimètres par mètre), tandis que les parois intérieures sont abruptes et presque verticales sur des centaines de mètres. La paroi méridionale porte le nom de Monte Zoccolaro, celle septentrionale porte le nom de Schiesa del Asino, Monte delle Cancazze, en allant de l'ouest à l'est, du tronc principal à la mer, en

descendant par conséquent ; la paroi du tronc qui, perpendiculairement aux bras, termine vers le tronc le Val del Bove, est une pente très-rude nommée Serre del Solfizio.

Ces deux bras tout en s'abaissant se réunissent vers leur extrémité inférieure, au-dessus du village de Milo, de telle sorte qu'en y comprenant le tronc, le Val del Bove et les deux bras qui l'entourent, la gibbosité centrale a en plan la forme d'une ellipse dont le grand axe, dirigé O. S-O, aurait 9 kilomètres ; en supposant le Val del Bove rempli, la gibbosité formerait un cône elliptique tronqué à sa partie supérieure par le Piano del Lago.

Enfin sur le tronc, c'est-à-dire sur le Piano del Lago, s'élève le cône actuellement terminal de l'Etna, qui est aussi isolé sur le Piano que l'Etna au milieu de la Sicile. — Ce cône, où l'énergie volcanique est actuellement concentrée, est très-variable de forme : tantôt il s'élève, tantôt de vastes lambeaux s'en écroulent ; il a même disparu quelquefois entièrement, et la cheminée du foyer volcanique débouchait alors sans parapet sur le Piano del Lago, où elle formait un abîme profond ; une éruption subséquente restitua ensuite le cône.

En arrivant au point le plus élevé de ce cône tronqué, on avait devant soi en 1832, non pas le grand cratère, mais un entonnoir cylindrique, de 80 à 100 mètres de diamètre et profond d'environ 400, et occupant l'emplacement d'une cime qui, avant le mois de novembre 1832, était la plus élevée, et qui ne se relie que par un point au grand cratère. Celui-ci profond de 80 mètres a des parois coupées à pic ; le fond est rempli de blocs de lave anguleux, de cendres qui forment une surface très-inégale ; du fond du cratère et des fissures de la cime la plus élevée s'élevaient des vapeurs très-aqueuses, avec de l'acide chlorhydrique et sulfureux. Ce cône est, comme je l'ai déjà dit, excessivement variable ; chaque éruption l'accroît par une pluie de cendres ou de blocs de lave compacte ; d'un autre côté, il s'écroule par lambeaux et chaque écroulement est le signal d'une éruption. On pourrait supposer que le Piano sur lequel repose ce cône est formé de couches coniques ayant l'inclinaison de ses arêtes ; au contraire, le vide qui constitue le petit cratère, et qui est excentrique puisqu'il est tangent à la cime du cône, montre que la masse est composée de couches alternatives de laves et de tufs parfaitement horizontales, tandis que si les couches eussent plongé

à partir du grand cratère, elles affleureraient sur les parois du petit cratère à des hauteurs inégales [1].

L'ensemble du massif de l'Etna n'est pas homogène; si l'on fait abstraction des roches sédimentaires, calcaires et arénacées qui l'entourent au nord et à l'est, formant des collines qui tournent leurs escarpements vers le cône, et du dépôt très-moderne (géologiquement) de cailloux roulés qui relie la plaine de Catane aux premières pentes de l'Etna, nous n'aurons à considérer que des produits volcaniques anciens et modernes.

Ces deux classes de produits identiques minéralogiquement se distinguent géologiquement par la disposition générale. Les derniers n'ont recouvert qu'en partie les laves anciennes, ont laissé à découvert des étendues considérables, en ont entouré d'autres portions, sortes d'îles au milieu des laves et des tufs modernes qui ont rempli en partie leurs dépressions, comme le Val del Bove; ce sont au point de vue géologique deux formations distinctes et discordantes.

Il est remarquable que ce soient les parties les plus éloignées du massif central qui aient été le plus modifiées par les déjections modernes de l'Etna. La vallée du Simeto qui borne le massif à l'ouest s'est creusée à plusieurs reprises dans des coulées de lave qui ont obstrué son cours, depuis l'époque historique, et l'érosion a même mis à nu les couches de cailloux roulés et de grès à ciment calcaire qui les supportent. En 396 avant Jésus-Christ, une coulée de lave descendit à la mer où elle forma le promontoire de Schisso et arrêta une armée carthaginoise. En 1669, une coulée qui se fit jour à 15 kilomètres au sud du cratère actuel, au pied du cône parasite de Monte Rossi, près de Nicolosi, s'étendit jusqu'aux murs de Catane qu'elle menaça, se détourna et entrant dans la mer forma un promontoire qui est aujourd'hui l'abri du sud du port de Catane. Elle couvrit d'une épaisseur de 18 à 20 mètres un grand nombre de villages et de terrains cultivés. La coulée de 1865 a pris également naissance au pied de la gibbosité centrale.

Tandis que le terre-plein et les talus latéraux sont ainsi recouverts par les déjections modernes sur une grande épaisseur,

[1] Pour une intelligence plus complète de la topographie de l'Etna le lecteur fera bien de consulter la magnifique carte de M. Sartorius de Waltershausen, ou encore un modèle en relief.

les parties élevées et centrales ne s'élèvent que très-peu; on en a une démonstration évidente dans l'existence d'un petit édifice antique, la Torre del Filosofo, construit sur une petite éminence du Piano del Lago, à 200 mètres environ de la crête du Serre del Solfizio, et à 1,800 mètres du centre du grand cratère. Cet édifice qui tire son nom de ce qu'on a cru pendant longtemps qu'Empédocle y avait habité, mais qui est plus probablement un tombeau, dont l'antiquité est mise hors de doute et par la tradition et par la nature des matériaux, a ses fondations à 2 mètres 75 centimètres au plus de la surface actuelle du sol; ces fondations ayant dû avoir au moins 1 mètre 25 centimètres, hauteur du premier soubassement et de la première assise de briques, il ne reste que 1 mètre 50 centimètres pour l'épaisseur de la couche de cendres et de lapillé qui se sont accumulés en ce point depuis 1,500 ans au moins.

Les produits des éruptions se sont donc accumulés en bien plus grande quantité sur les portions basses de la montagne que sur ses parties élevées, et ceci est bien d'accord avec ce qui a été observé lors des éruptions modernes. Le plus grand nombre des cônes parasites, c'est-à-dire des extrémités inférieures des fentes que produit toujours une éruption, qui ont donné naissance à des coulées de lave, est réparti en effet sur les talus latéraux; et c'est un fait général que, plus est bas le point d'émission de la lave, plus est abondante la coulée. Il y a peu d'éruptions pourtant dans lesquelles le cratère supérieur reste inactif; mais son activité se borne à l'émission de scories et de débris, tandis que le volcan se fend et donne passage, à un niveau plus bas, à une abondante coulée; on ne trouve de coulées sorties du cratère même qu'un très-petit nombre dont l'une a été se perdre dans un cratère adventif placé à la crête du Serre del Solfizio, tandis que les autres ont le plus souvent descendu cette paroi et sont tombées dans le Val del Bove; et dans ces coulées comme dans les autres, l'épaisseur et la largeur du courant de lave ont toujours été en augmentant à mesure que la pente diminuait, c'est-à-dire d'après ce qui a été dit du relief de l'Etna, à mesure que la coulée gagnait des points plus bas[1]. Ceci est complétement d'accord avec ce que l'on

[1] Dans l'éruption de 1852, des nuages de cendre furent rejetés du cratère central, et, le jour suivant, il se déclara plusieurs ouvertures (on a dit 17) sur la ligne d'une fissure ouverte depuis le sommet jusqu'à la base du grand

sait des propriétés physiques des laves; il n'y a d'extraordinaire que la faible épaisseur du manteau de scories et de sable dont sont couvertes les déjections anciennes dans toutes les portions élevées de la montagne, épaisseur qu'on est naturellement porté à croire considérable, quand on considère le nombre des éruptions dont l'Etna a été témoin, les grandes surfaces sur lesquelles des dépôts de cendres ont eu lieu à diverses époques; mais en dehors des cônes formés par les scories qui retombent juste au point d'où elles ont été lancées, elles ne se sont pas accumulées sur les pentes roides de la gibbosité, ni sur le Piano del Lago lui-même. La preuve en a été donnée par la Torre del Filosofo, par cette circonstance que la Serre del Solfizio est jusqu'en haut composée de laves anciennes, que l'effondrement circulaire nommé la Cisterna, situé sur le Piano, montre sous une très-faible épaisseur de scories, les laves et les tufs de l'ancienne formation. Les scories se sont accumulées sur les talus latéraux, où elles ont formé des couches stratifiées entre des couches de lave, suivant une régularité à laquelle est due la douceur de ces pentes.

L'action des eaux météoriques est encore un des agents qui contribuent à maintenir cette régularité d'allure et à détruire les pentes roides que pourraient présenter les scories pour les étaler en couches régulières, dont l'inclinaison dépend de la vitesse de l'eau, de la densité et de la forme des fragments. Cette action est assez faible puisqu'elle n'a pas réparti sur toute la surface du Piano les matières meubles qui composent le cône supérieur, mais ses effets ne peuvent être autres qu'une régularisation des pentes inférieures. Et il est remarquable que la pente des talus taléraux soit précisément celle des cônes de débris que les torrents alpins amassent à l'entrée des gorges dans lesquelles ils coulent avant de se répandre dans les vallées larges et à fond plat.

La distinction entre la gibbosité centrale et les talus latéraux est

précipice qui forme l'entrée du Val. Les deux ouvertures plus basses donnèrent naissance à deux cônes volumineux dont l'un avait jusqu'à 500 pieds de hauteur. De ce cône partit un grand courant de lave qui parcourut le premier jour 4 kilomètres, moins les jours suivants, et remplit en huit jours un espace de 10 kilomètres sur 3 de large. La lave sortit de nouveau en octobre, puis en novembre. La profondeur des laves varia de 3 à 5 mètres pour atteindre 50 mètres dans les portions moins inclinées où la lave s'accumulait en quelque sorte sur elle-même.

ainsi bien nette; tandis que la première a été à peine recouverte dans quelques-unes de ses parties par des produits récents, et que sa masse diminue au contraire par l'action des eaux, les talus latéraux augmentent sans cesse par l'accumulation des laves dont les points d'émission sont le plus souvent au pied de la gibbosité et plus bas encore sur les talus eux-mêmes et par les matières qui sont arrachées aux portions supérieures. On conçoit que la continuation des phénomènes existants tend non-seulement à remblayer le Val del Bove, mais à détruire même la distinction entre la gibbosité centrale et les talus latéraux, de manière à ensevelir complétement la première. De là à conclure que l'existence de la gibbosité est due à un phénomène d'un autre ordre que les phénomènes qui se passent sous nos yeux, il n'y a qu'un pas, et ce pas on n'hésitera point à le franchir après les considérations suivantes. Malgré ses vastes dimensions tant horizontales que verticales, nous ne devons pas considérer le massif de l'Etna comme doué d'une parfaite stabilité. Les tremblements de terre qui précèdent chaque éruption nous montrent qu'aussi bien et moins peut-être que le reste de l'écorce terrestre, cette région n'est pas à l'abri des forces souterraines; à chaque éruption, des fentes verticales passant par l'axe du cône principal divisent sa masse puissante en segment qui jouent l'un sur l'autre; quand elles ne se marquent pas à la surface par des dénivellations, ces fentes se trahissent par les gaz auxquels elles livrent passage; il n'y a donc rien d'absurde à chercher si un soulèvement, produit par les forces éruptives elles-mêmes, n'a pas porté à la hauteur actuelle la gibbosité centrale, si la masse de cette gibbosité semblait encore un obstacle, on devra songer que lorsque la lave peut s'élever par le jeu de forces encore en action à une hauteur égale à celle du cône actuel, elle doit exercer sur la paroi supérieure du réservoir souterrain qui la contient une pression hydrostatique, égale au poids d'une colonne de lave ayant cette paroi pour base et pour hauteur celle du cratère principal lui-même, pression bien supérieure, par suite, au poids du volcan, qui a la même hauteur et qui est composé de couches alternatives de laves consolidées et de tufs et autres matérieux meubles certainement moins denses que la lave fluide. Or, de quelque côté qu'on considère les couches de lave et de tufs anciens qui forment le corps de la gibbosité et dont les tranches apparaissent nettement sur les parois internes du Val del

Bove, on voit les couches s'infléchir, être rejetées par des failles, mais conserver une même épaisseur et un parallélisme exact, quelle que soit l'inclinaison variable de 0 à 32° sous laquelle elles se présentent. Cette uniformité serait inadmissible si les couches déposées sous l'action des eaux pluviales et les coulées de lave s'étaient déposées sous des talus aussi roides.

La simple réflexion, et la distribution actuelle des produits analogues actuels de l'Etna, qu'on ne saurait distinguer, par la composition minéralogique des produits anciens, nous prouvent que même sur des talus beaucoup moins roides les laves et les tufs ont une tendance à s'accumuler vers les parties basses, telle que les couches seraient bien plus minces à la partie supérieure qu'à la partie inférieure [1]. Puis donc que les couches qui forment la gibbosité centrale n'ont pu se déposer dans l'inclinaison qu'elles possèdent aujourd'hui, elles ont dû être portées de leur position primitive à leur position actuelle par un mouvement et un phénomène distincts de ceux que nous avons sous les yeux.

Les filons anciens nombreux qui traversent ces couches nous offrent un nouvel argument. Loin, en effet, de concourir tous vers l'axe du cône, comme le font régulièrement toutes les fentes des appareils volcaniques modernes, ils ont une tendance au parallélisme impossible à concilier avec l'existence d'un centre volcanique; et leur direction et leur distribution ne présentant aucune relation directe avec la forme conique presque régulière de la gibbosité centrale, en supposant le Val del Bove rempli, il n'y a aucune raison pour que les matières épanchées par ces filons aient pu produire un cône.

De plus si le terrain sur lequel ces filons arrivaient au jour avaient présenté cette inclinaison de 30°, les matières épanchées se seraient accumulées régulièrement au-dessous de l'ouverture en forme de rivière et non des deux côtés en forme de nappe.

[1] Le Vésuve en montre un exemple frappant. Une grande déchirure, dite le Fosso Grande, qui se dirige vers Naples, montre la tranche d'assises de tufs et de laves qui se sont déposés avant la formation de ce ravin, puisqu'il n'en a pas été rempli. On voit la lave se modeler à sa partie inférieure sur les plus petites dépressions du tuf, se renfler partout où le tuf a été creusé, se présenter avec une épaisseur de 4 ou 5 mètres et une structure prismatique qui prouve son lent refroidissement quand la pente ne dépasse pas 3°, et son épaisseur se réduire à 1 mètre là où la pente est plus forte.

Nous arrivons donc à cette conclusion, que les couches qui forment actuellement la gibbosité centrale ont été soulevées : qu'à l'époque où elles se sont formées le sol sur lequel elles se sont étendues était à très-peu près plat, et n'offraient pas de cheminée centrale, organe permanent et régulier de l'action volcanique; que ce sol était traversé par des fissures donnant issue à des nappes minces et uniformes de lave basaltique sur lesquelles s'élevaient des cônes éphémères de scories ; qu'il est arrivé, au moins une fois, que l'agent intérieur qui fendait si souvent le terrain l'a rompu et soulevé ; que l'Etna est devenu alors une montagne et qu'un canal de communication permanent et régulier ayant été alors ouvert entre l'intérieur du globe et l'atmosphère, cette montagne est devenue un volcan permanent, dont les produits se sont étendus sur les débris dislosqués des laves plus anciennes, comme les roches sédimentaires modernes s'étendent aux pieds des roches plus anciennes, remplissant leurs dépressions et laissant seulement par places apparaître des pointes de celles-ci ; leurs couches redressées les font aisément reconnaître et témoignent en quelque sorte des dislocations qu'elles ont subies avant d'être recouvertes par les sédiments modernes ; de même que le Val del Bove montre encore dans ses parties les plus basses quelques roches saillantes de laves anciennes, qui n'ont pas encore été recouvertes par le flot toujours montant des laves et des tufs modernes ; de même que la variation brusque d'inclinaison que présentent les couches sédimentaires déposées avant et après un soulèvement, montre que ce soulèvement a été brusque et non progressif : l'absence de liaison de gisement entre les produits anciens et les produits modernes de l'Etna prouve que le mouvement qui a porté dans la position actuelle la gibbosité centrale a été identique à celui qui dans d'autres régions du globe a produit les montagnes.

Pour compléter la théorie de l'Etna il faudrait encore chercher l'origine du Val del Bove, et déterminer les causes qui ont fait disparaître, entre le Monte Zoccolaro et le Monte delle Cancazze, une si grande portion des couches anciennes. L'action érosive des eaux qui, comme il a été exposé plus haut, tend plus à combler cette dépression qu'à l'augmenter, ne saurait être invoquée, non plus qu'une action diluvienne particulière, qui n'aurait certainement pas laissé subsister les parois verticales du Val del Bove.

Il est plus logique de chercher dans la cause qui a produit la gibbosité centrale, l'explication d'un phénomène aussi grandiose que la suppression sur près de 30 kilomètres carrés de couches ayant une épaisseur de 500 mètres.

Au premier abord on serait tenté de supposer que cette masse, tout énorme qu'elle soit, a été projetée en l'air par une éruption paroxysmale, et que le Val del Bove rentre ainsi dans la catégorie des cratères ordinaires; mais outre qu'on ne trouve sur les couches calcaires qui forment les environs de l'Etna aucune trace des débris qu'une explosion aussi formidable aurait dû projeter, on doit observer qu'on voit tous les jours se former sur l'Etna des gouffres, circulaires et elliptiques; tel est celui dont nous avons déjà parlé sous le nom de la Cisterna et qui s'est formé sur une fente passant par le cratère et la Torre del Filosofo, tel, le petit cratère qui s'est formé en 1832, à la place d'un des points élevés du rebord du grand cratère, et qui se trouve sur le prolongement de la ligne droite qui joint l'axe du grand cratère aux deux cônes de scories, par les pieds desquels se sont écoulées les laves de cette éruption.

Presque à chaque éruption les fentes qui en sont les précurseurs habituels s'élargissent en certains points et engloutissent les matières de la surface, laissant un gouffre béant, généralement circulaire ou elliptique. Il y a du reste des exemples historiques, et sur une bien plus grande échelle, d'effondrements semblables, tant dans des régions volcaniques que dans des régions montagneuses, mais situées d'ailleurs dans l'une des deux grandes bandes Méditerranéenne et Pacifique.

En 285 avant Jésus-Christ, le grand lac de Mittou-oumi dans l'île de Nifon se forma dans une seule nuit par un immense éboulement, au moment où le Fousé-no-yama, qui est la plus haute montagne du Japon, s'éleva du sein de la terre. En 1638, le volcan du Pic dans les Moluques s'éboula et fut remplacé par un lac. Le 19 juillet 1698, le pic du Cargairazo, rival et voisin du Chimborazo, s'écroula, et celui de Capac Urcu, également des Andes de Quito, et plus élevé encore, s'était écroulé peu de temps avant la conquête du Pérou par les Espagnols. En 1692, à la Jamaïque, à la suite d'un tremblement de terre, des montagnes disparurent et furent remplacées par des lacs. En 1772, le volcan de Papandayang s'abîma avec les villages bâtis sur ses flancs, et fut remplacé par un lac de plusieurs milles de diamètre. En 1855, au mois d'août

le village de Kometzi, dans les environs de Kaisarieh, fut englouti et remplacé par un lac. On ne peut s'empêcher de rapprocher de ces faits la disparition de Sodome et de l'apparition de la mer Morte. La relation biblique (*voy.* Genèse XIX) mentionne que l'engloutissement des villes maudites fut accompagnée de flammes qui sortaient de la terre et de vapeurs de soufre; le soufre, le sel et le bitume qui en tapissent encore les bords ne laissent pas de doute sur l'origine volcanique du phénomène. Si, pour en revenir à l'Etna, le réservoir dans lequel était contenue la lave, a pu se vider quelque temps après que celle-ci eut disloqué les couches superficielles, il est très-naturel que la voûte de roche solide qui lui servait de couvercle se soit écroulée, et cet écroulement subit et d'un seul coup est ce que l'on peut imaginer de mieux pour expliquer la verticalité des parois du Val del Bove. Cet éboulement s'est fait, comme les petits éboulements qui se forment de nos jours, sur le trajet de fentes et de déchirures profondes dont les traces sont encore visibles.

Cette discussion un peu détaillée, trop longue peut-être, se résume ainsi : Avant l'époque reculée, anté-historique probablement, la surface qui est occupée maintenant par l'Etna était couverte de petits volcans éphémères répandus sur un pays plat, comme les cônes volcaniques de l'Eifel sont répandus sur les collines siluriennes des bords du Rhin et de la Moselle. A une époque, certainement récente au point de vue géologique, cette région a été soulevée, mais d'une manière irrégulière, c'est-à-dire qu'elle n'a pas produit un cirque régulier, le soulèvement ayant agi non en un point central, mais tout le long d'une ligne droite, dont l'extrémité occidentale a été plus élevée que l'autre. Ce soulèvement a été ou accompagné ou suivi d'un effondrement gigantesque d'une portion des roches soulevées, mais qui en a laissé subsister le point le plus élevé sur lequel s'est ensuite assis le cratère du volcan, devenu alors permanent.

Si un examen circonstancié de l'Etna nous a fait modifier aussi profondément les conclusions auxquelles nous étions arrivé par un examen superficiel et par une extension trop facilement donnée aux phénomènes des éruptions de tous les jours, nous devons songer à modifier également l'origine que nous avons primitivement attribuée à tous les volcans, et étendre ces modifications d'une part à ces cratères lacs de l'Eifel, ou de l'Auvergne dont

l'origine est attribuée à des effondrements plutôt qu'à des explosions, de l'autre aux volcans permanents et qui méritent le nom de montagnes, puisque nous avons vu que l'action volcanique seule était impuissante à créer de véritables montagnes, et que les couches qui les composent, sédimentaires ou volcaniques, ont été redressées de même.

Il y a en faveur de l'explication de la formation de ces cratères par effondrement, résultant d'un abaissement de la lave dans les cavités de la montagne volcanique, un argument plus probant que ceux que nous avons tirés de l'examen de l'Etna.

Plusieurs des cônes de cendres de la Nouvelle-Zélande se sont formés sur le bord de la mer tout le long d'une faille qui a précisément déterminé le rivage des environs d'Auckland ; cette disposition permet de voir que les couches tertiaires qui forment cette falaise plongent d'une manière brusque vers la fissure sur laquelle ce cône est assis, tandis qu'elles sont horizontales partout ailleurs. M. Darwin cite un autre exemple, identique, à Saint-Iago, l'une des îles du Cap-Vert ; cette disposition est parfaitement inconciliable avec l'hypothèse d'une projection en l'air de l'extrémité du canal de décharge de la lave.

Quant à la formation des montagnes volcaniques elle-mêmes, par voie de soulèvement, nous devrons y comprendre presque tous les évents volcaniques permanents placés sur des montagnes plus ou moins élevées dont l'origine est la même que celle des montagnes formées uniquement de roches sédimentaires, et qui comme ces dernières font partie d'un système général ayant déterminé la fin d'une période géologique, et embrassé une grande portion de l'écorce terrestre. C'est ainsi, par exemple que le soulèvement de l'Etna se rattache au système des Alpes centrales, sur lequel j'ai appelé l'attention des lecteurs de l'*Annuaire pour* 1865. L'accumulation pure et simple des déjections volcaniques ne se traduit que par des laves en couches horizontales et puissantes, des couches inclinées ayant une très-faible puissance et des cônes de scories, dont l'inclinaison peut atteindre 35°, toujours remarquables par leur extrême régularité et le jarret brusque que forment leurs talus sur les pentes douces de la masse de lave et de conglomérat et de dimensions toujours restreintes.

Là même où le relief du sol, quoique volcanique, ne présente pas d'accidents remarquables au point de vue orographique, il

porte généralement la trace de mouvements plus ou moins prononcés. L'abaissement et l'élévation du temple de Pœstum sont des faits trop connus pour qu'il soit nécessaire de les rappeler. Nombre de couches volcaniques, dont l'origine sous-marine est évidente par les restes d'animaux qui sont mélangés aux conglométats, se trouvent aujourd'hui de plusieurs mètres au-dessus du niveau de la mer. Les champs Phlégréens, en Italie, les plates-formes du sud et du nord-est de l'Islande, une très-grande partie des îles de corail du Pacifique, qu'a si bien étudiées M. Darwin, offrent des preuves incontestables d'une élévation lente. Il en est de même de presque toutes les îles volcaniques isolées, aussi bien les îles Ponza que Barren Island dans l'océan Indien.

La faible importance que présentent les déjections actuelles de l'Etna, au point de vue de l'accroissement de sa hauteur sinon de sa masse, doit faire penser que cette élévation si générale n'est pas due seulement à l'accumulation des déjections ; on connaît d'ailleurs, dans l'archipel Indien, plusieurs îles dont la base est constituée par des roches sédimentaires qui prouvent le soulèvement de la masse du volcan ; dans ces circonstances on ne trouve pas de raison pour penser que l'élévation du sol ait été faite d'un seul coup ; mais ce genre de soulèvement progressif est le résultat même des éruptions : toute éruption débute en effet, comme il a été dit plusieurs fois, par des fentes dans le massif volcanique. Or, si l'on considère un massif quelconque, circonscrit dans le sens horizontal, une fissure quelconque se produisant dans ce massif aura pour effet de l'élever d'une quantité proportionnelle à sa largeur et à la hauteur du massif, puisque les matières primitivement réparties sur la surface horizontale du massif se trouvent concentrées sur une surface plus faible de la largeur de la fissure ; cette diminution est nécessairement compensée par un accroissement de la hauteur. Le premier acte de l'énergie volcanique est donc un soulèvement bien faible, en vérité, du massif tout entier, mais dont l'importance, pour l'Etna par exemple, est bien supérieure à celle du manteau de scories qui s'étend sur le Piano del Lago à chaque éruption.

Si la lave remplissait toutes ces fissures, la mesure du soulèvement, en volume, serait donnée par le volume des filons de la lave que l'on rencontre dans tous les ravins qui permettent d'étudier la structure de la montagne ; mais cette mesure serait trop fai-

ble, car lorsque la lave s'est élevée dans une fissure, elle ne tarde pas à trouver un orifice plus bas que le cratère, et toute la partie supérieure de la fente se vide alors. Ce n'est même qu'au moment où le niveau supérieur de la lave est arrivé à l'orifice que celui-ci commence à rejeter des scories qui auparavant étaient rejetées par le cratère central. A la suite de l'éruption la fissure reste donc vide au moins dans la portion supérieure; on a pu se convaincre de la réalité de ces suppositions par la découverte faite par M. Mario Genmellaro, juste au-dessus des Monti Rossi, c'est-à-dire de l'orifice qui donna naissance à la coulée dont j'ai parlé et qui menaça Catane, d'une caverne, dite Grotta dei Palombi, qui communiquait avec cette fente et a permis de l'examiner sur un assez grand parcours. Ainsi l'augmentation de volume que le soulèvement doit procurer au volcan est supérieure à celui des filons de lave qui le sillonnent dans tous les sens, et nous trouvons en même temps une explication des cavités que présentent les volcans dans leur intérieur. Il est donc tout naturel de supposer que le rôle de ces fentes est plus important que celui des sables vomis par le cratère, et que les agents atmosphériques peuvent annihiler complétement.

IV

Liaison des volcans et des systèmes de montagnes.

L'étude détaillée de cet étoilement des volcans ramène encore aux idées émises ci-dessus sur la formation de la montagne elle-même. Les fissures une fois formées ne se referment généralement pas, ou si elles sont trop obstruées pour donner passage aux laves, elles ne le sont pas assez pour le refuser aux émanations gazeuses, ce qui donne un moyen de les reconnaître. Ainsi, au Vésuve en 1855, l'acide carbonique avait pour lieu de dégagement deux fissures, se dirigeant vers Torre del Greco, et vers Resina, et qui dataient de 1631 et de 1794. M. Deville a recueilli un grand nombre de faits analogues, qui prouvent la tendance des fentes anciennes à se rouvrir à chaque éruption, et il a réussi à couvrir d'un réseau les champs Phlégréens, et les environs de l'Etna, réseau convergent dans les deux cas vers le centre du vol-

can, et dont les traits sont jalonnés tant par les amas déjà anciens de gypse, de sel gemme, etc., que par les dégagements encore existants d'acide carbonique, d'hydrogène carboné, de soufre à divers états, caracérisiques des fissures. M. Fouqué dans l'étude stratigraphique qu'il a faite avec un soin remarquable de la dernière éruption de l'Etna, n'a pas manqué de faire remarquer que la fissure N. E. de l'éruption actuelle n'est que la réouverture d'une fissure plus ancienne. En coordonnant les résultats de toutes les observations relatives à l'Etna, M. Deville est arrivé à y reconnaître neuf directions distinctes, dont six sont perpendiculaires deux à deux, et dont trois coïncident avec des systèmes de soulèvement, que par des considérations d'un autre ordre, et que j'ai exposées ici même l'année dernière, M. Élie de Beaumont avait signalées comme jouant un grand rôle dans l'orographie de l'Europe et dans celle de l'Afrique méridionale.

On saisit ainsi un lien qui rattache l'action volcanique considérée dans ses plus petits détails à l'étude générale des phénomènes dynamiques qu'a présentés l'écorce terrestre.

De même que nous voyons dans le volcan une éruption déterminer la réouverture de fentes plus anciennes, l'étude de la distribution géographique des volcans nous révélerait la réouverture, lors de la dernière révolution du globe, des fentes plus anciennes qui viennent y aboutir, et l'apparition de volcans le long de ces fractures anciennes, des deux côtés de la fracture mère. La rapide énumération que nous avons faite au début de cette étude laisse voir en effet, au milieu de sa complication apparente, une tendance des volcans à se grouper autour des deux arcs de grands cercles qui, d'une part, joignent Cusco, dans les Andes du Pérou, à l'extrémité de l'empire Birman, en passant tout près du détroit de Behring, et de l'autre joignent le même point Cusco à l'Etna en passant par Ténériffe se prolongeant par l'Ararat jusqu'à l'extrémité du continent asiatique. Si l'on suit ensuite les volcans des deux côtés de ces deux lignes, on les verra s'aligner, suivant des fractures plus anciennes dont l'intersection avec la fracture mère est toujours un point remarquable au point de vue volcanique. Enfin, si l'on joint à ces deux cercles qui se coupent déjà à angle droit, un troisième qui réunit l'Etna, le Vésuve, l'île volcanique de Jean Mayen, le mont Saint-Élie dans l'Amérique russe, le Mouna-Roa, le volcan Erebe, et rentre enfin dans l'an-

cien continent par la pointe extrême de l'Afrique[1], on aura formé le système trirectangulaire de fissures qui, s'ouvrant à la fois à une époque peu reculée, ont bien probablement produit la catastrophe dont le souvenir est resté dans les traditions de tous les peuples[1].

V

Des produits non gazeux des volcans.

Les produits non gazeux des volcans, quoique formés d'une matière unique, ont reçu différents noms suivant les circonstances dans lesquelles ils se présentent. Tandis que le nom de lave est donné au résultat de la solidification des coulées qui s'échappent des orifices volcaniques et se solidifient par le refroidissement, on a donné le nom de tuf à la matière parfois assez solide qui résulte de l'agrégation des cendres par l'eau. Ces deux genres de dépôts de beaucoup les plus abondants forment la masse presque entière des volcans, se présentent en couches superposées, et sont caractéristiques des formations volcaniques : le tuf supposant la production de cendres, c'est-à-dire d'un dégagement abondant de gaz accompagnant l'émission de la roche éruptive.

A sa sortie du volcan la lave est généralement très-fluide. L'élévation de la température paraît être la cause principale de cette fluidité due en partie aussi à l'eau et aux matières volatiles retenues, malgré cette haute température, et qui ne se dégagent qu'à la faveur du refroidissement. En s'éloignant de son point d'émission la lave se refroidit, sa surface se durcit et forme un canal solide dans lequel s'écoule la matière encore liquide. La coulée

[1] Ce cercle est le cercle de comparaison du système des montagnes du *Ténare*, mais dont les dislocations s'étendent sur une surface bien plus étendue que la Grèce, puisqu'ils se retrouvent à la même latitude en Sardaigne.

[2] Le terrain de transport violent qui couvre la partie orientale de l'Amérique du sud, et que M. d'Orbigny avait étudié, contient, dans les plaines du Rio-Securi, des débris de l'industrie humaine. La forme maritime des terrains que le soulèvement des Andes a fait brusquement émerger est identique à la forme actuelle. M. de Lamarmora a découvert en Sardaigne, avec des coquilles du genre mytilus, des débris de poterie, indiquant nettement que le soulèvement de ces couches est postérieur à l'apparition de la race humaine.

ayant toujours une certaine épaisseur, sa face antérieure se solidifie aussi, puis poussée par le courant tombe à terre et forme une espèce de pavage sur laquelle la lave se répand. La surface supérieure n'est pas non plus unie; mais subissant l'influence de la lave incandescente qui la parcourt et dont la rapidité est plus grande au milieu que sur les bords, elle présente des rides qui tournent leur concavité vers l'origine du courant, comme une corde tendue dans une rivière. Lorsque la lave cesse de couler, le canal se vide et s'affaisse sur lui-même, se transforme en une chaussée relevée sur les bords dont la surface formée de blocs de lave solidifiée, entassés les uns sur les autres. est remarquablement irrégulière. Ce ont les Sciarre des Italiens, les Cheires des Français.

Le volume de ces coulées et la surface qu'elles peuvent occuper après leur refroidissement sont quelquefois prodigieux. Une coulée du Vésuve en 1855 avait 17 millions de mètres cubes ; une antéhistorique du Puy de Pariou 33 millions ; une autre de l'Etna, en 1769, 600 millions. En 1783, le Skaptar Jokul, volcan islandais, vomit deux énormes torrents, l'un de 80 kilomètres, large en quelques endroits de 24, l'autre de 65, large de 12. La profondeur pouvait aller jusqu'à 150 mètres et on a calculé que leur volume pouvait dépasser celui du Mont-Blanc. Le Dekhan est couvert, sur une superficie de 500,000 kilomètres carrés, de laves. Il est vrai que ces laves peuvent avoir été émises successivement et provenir non d'un orifice, mais de plusieurs ; la quantité émise n'en suppose pas moins une énergie formidable dans le foyer volcanique, probablement unique, qui alimentait tous ces orifices.

La vitesse de la lave est excessivement variable ; elle dépend de l'inclinaison du sol, de la fluidité ou de la température de la lave et peut-être de sa composition chimique. Le maximum constaté est une vitesse de 6 à 7 m. par seconde ; mais il y a des laves qui n'avancent que de quelques mètres par mois. En revanche, elles coulent ou restent fluides pendant un temps très-long, quinze ans par exemple. Une lave sortie de l'Etna en 1614, qui se dirigeait vers Randazzo, n'avança que de deux milles (3,600 m.) en dix ans ; une autre, neuf mois après son émission, avait encore une vitesse de 1 m. par jour. Un refroidissement si long est très-favorable à la manifestation de la structure prismatique qu'offrent en effet beaucoup de laves, surtout dans la partie inférieure qui a été né-

cessairement celle dont le refroidissement a été le plus lent. Il y a de beaux exemples de cette structure dans le Vivarais; dans les îles Ponces, on voit ces prismes se courber de manière à être partout perpendiculaires aux surfaces d'égale température, de sorte qu'ils ne peuvent être complétement rectilignes que lorsque la lave s'est étendue en couche uniforme sur un terrain plat.

Parfois, outre cette division en colonnes presque verticales, la masse est divisée par des lits horizontaux et les petits prismes ainsi formés se dégradent facilement sur les angles et se transforment en sphéroides empilés les uns sur les autres. On en a un exemple à la célèbre Cave aux Fromages de Bertrich, où la disposition des lieux et l'érosion d'un petit ruisseau ont permis de pénétrer dans l'intérieur d'un ancien courant de lave.

Au point de vue chimique, les laves, c'est-à-dire les produits volcaniques tant anciens que modernes, se divisent en deux genres, le basalte et le trachyte. Ces roches sont les seules que l'on puisse proprement appeler volcaniques, parce que ce sont les seules qui soient accompagnées des tufs, des ponces associées encore aujourd'hui aux laves.

Le minéral constitutif du basalte est le pyroxène joint soit au labrador ou à l'analcime (Etna), soit à l'amphigène (Vésuve), soit à la néphéline (Vogelgebirge). Il contient un grand nombre de minéraux, mais il paraît surtout en avoir développé dans les roches qu'il a traversées ou avec lesquelles il a été en contact, comme à la Somma. Le plus souvent du reste les roches sur lesquelles le basalte a coulé se montrent altérées à la surface comme par une chaleur intense, des lignites sont transformés en coke, des grès en jaspe, etc. La fluidité du basalte a été si grande, il s'est épanché en couches horizontales sur une si grande étendue, que pendant longtemps des géologues ont cru qu'il était d'origine sédimentaire ; mais là où il n'est pas en relation évidente avec un volcan, on a pu découvrir les fissures verticales qui lui ont donné passage, et tout le monde est d'accord maintenant pour lui attribuer une origine ignée. Il n'en est pas de même des cristaux souvent si remarquables qui se trouvent à l'intérieur des laves, par exemple des cristaux d'amphigène (ou leucite) si fréquents au Vésuve. Certains savants, plutôt chimistes que géologues, se basant d'une part sur ce qu'on a trouvé des cristaux d'amphigène entourant des cristaux de pyroxène, et de l'autre sur ce que l'am-

phigène est relativement infusible, en ont conclu que la production de ces cristaux ne peut être due au refroidissement, puisque l'amphigène devait cristalliser d'abord et ils l'attribuent à l'influence des eaux météoriques secondées par le temps, auquel ils donnent la plus grande part, mais il est facile de leur répondre, au point de vue géologique, que la grosseur des cristaux observés dans les diverses laves n'est pas en relation avec le temps depuis lequel ces laves sont soumises à l'action des eaux ; que de plus les tufs et les scories renferment souvent des cristaux aussi gros que les laves contemporaines ; et au point de vue chimique, que le point de fusion d'une substance n'est pas le point où elle se solidifie, surtout lorsqu'elle fait partie d'un mélange dont les différentes parties constituantes ont les unes pour les autres des affinités énergiques ; que si, lorsqu'on fond une lave leucitique, on trouve les cristaux d'amphigène nageant au milieu d'une scorie formée de pyroxène fondu, on ne peut pas se flatter d'avoir dans son creuset la lave qui bouillonne dans le Vésuve, vu qu'il y manque l'eau, les chlorures, fluorures, sulfates, etc., qu'elle a dégagés pendant sa solidification.

Les laves basaltiques sont fréquemment amygdaloïdes, c'est-à-dire qu'elles offrent des cavités remplies de substances (diverses cristallisées, zéolithes, chaux carbonatée, jaspe, etc.), ou des cellules généralement étirées dans le sens de la marche du courant. Ces cavités ont un rapport trop direct avec les dégagements gazeux pour nous en occuper maintenant.

Les trachytes, seconde espèce des laves, sont des roches à base feldspathique riches en silice et pauvres en fer, ce qui les différencie des basaltes. Ils sont généralement légers, tandis que les basaltes sont denses ; comme les basaltes, ils ont fourni des tufs. Ils sont particulièrement remarquables par la facilité avec laquelle ils passent à l'état vitreux ; ils prennent alors le nom d'obsidienne ou de perlite, suivant la structure ; ils passent avec une égale facilité à la pierre ponce, qui est bien connue de tout le monde. On peut fabriquer artificiellement cette dernière par la calcination de l'obsidienne ; celle-ci contient en effet de l'eau et des matières volatiles chlorurées et fluorées qui se dégagent par la chaleur et produisent une masse boursouflée identique à la ponce naturelle ; il est facile de conclure de là que l'obsidienne n'est qu'une variété de lave trachytique consolidée dans des circonstances qui n'ont pas permis aux

gaz de se dégager, soit que le refroidissement ait été trop brusque, soit que la pression ait été trop forte, tandis que la ponce serait le résultat du dégagement brusque des gaz confinés dans la lave; la cristallinité de celle-ci étant en relation avec la rapidité de ce dégagement, les cristaux qu'on y trouve le plus souvent sont de beaux cristaux de feldspath bien formés, mais généralement fendillés comme si le dégagement des vapeurs avait continué encore après leur consolidation.

Les trachytes et les variétés (phonolithe, domite) paraissent avoir été au moment de leur émission bien moins fluides que les basaltes. Ils forment des coulées bien moins étendues, souvent même la roche semble avoir été poussée à l'état pâteux et avoir formé en place des dômes arrondis.

Non-seulement les trachytes et leurs dérivés jouent un grand rôle dans les contrées volcaniques (champs Phlégréens, îles Ponza), mais on les trouve encore loin de tout volcan ancien ou moderne, daus le Siebengeberge, ou au mont Dore, par exemple. Leur plus grand développement est sans contredit dans les Andes où ils forment de vastes plateaux s'appuyant sur les terrains anciens et sur lesquels s'élèvent des dômes arrondis, pointus ou échancrés (les volcans actuels) qui arrivent à plus de 3,000 mètres de saillie. Le Chimborazo en est un exemple.

Ténériffe est également composée de trachyte superposé à des roches syénitiques. Santorin, l'Ararat, l'Elbrouz sont encore des volcans trachytiques.

VI

Des produits gazeux.

Comme j'ai déjà eu occasion de l'indiquer plusieurs fois, un phénomène constant dans toutes les manifestations actuelles des forces souterraines est le dégagement très-abondant de vapeurs diverses. Ce phénomène prolongé subsiste long-temps après l'émission de la lave, même lorsqu'il s'est écoulé un temps assez long depuis la dernière éruption pour qu'on puisse considérer le volcan comme éteint. Ce genre de manifestation est en même temps extrêmement varié et donne naissance à un très-grand nombre de produits divers.

Nous avons déjà parlé des vapeurs qui s'exhalent de la lave elle-même et produisent sur les coulées des ampoules de formes bizarres dont le sommet laisse échapper un courant de gaz, et des vapeurs qui se dégagent par le cratère même ou par les fissures, pendant l'éruption. Ces dégagements continuent quand celle-ci a cessé et produisent des altérations remarquables sur la roche avoisinante ; ils sont souvent accompagnés de dépôts de soufre, de sel ammoniac. La plupart des volcans éteints sont ainsi réduits à l'état de solfatare ou de soufrière ; tels sont les petites Antilles, Volcano, les volcans de Java.

Lorsque les dégagements ont lieu à travers une masse d'eau, ils y introduisent leurs éléments et produisent ainsi des sources minéralisées ; tel est le célèbre Rio-Vinagre qui descend du Puracé ; une autre rivière qui sort d'un cratère nommé Taschem, à Java, est tellement chargée d'acide sulfurique, qu'aucun poisson ne peut y vivre ; le plus souvent l'eau n'est que le résultat de la condensation des vapeurs mêmes, qui, par suite de l'éloignement du foyer volcanique, arrivent au jour avec une température trop basse pour être émises à l'état gazeux ; tels sont encore les Geyssers de l'Islande, célèbres par leurs dépôts de silice ; les soffioni de Toscane, bien connus par les exploitations d'acide borique auxquelles ils donnent lieu ; les sources chaudes des îles Lipari. En Sicile même, près de Girgenti, des sources d'eau chaude sont accompagnées de dégagement de bitume, d'acide carbonique. A Java, un cratère, le Guevo Upas, est tellement rempli d'acide carbonique que les animaux qui s'en approchent tombent asphyxiés. Est-il besoin de rappeler la grotte du Chien et l'antique tradition du mont Averne ? Autour du Caucase qui est en grande partie volcanique, on trouve les salses de Bakou avec leurs dégagements de gaz inflammables et de pétrole accompagnés d'eau salée. Tout le monde ne connaît-il pas les sources minérales qui entourent l'Auvergne ? Ces exemples pris au hasard parmi une infinité d'autres prouvent suffisamment la connexion des sources thermales avec les régions volcaniques, pour qu'on ne puisse douter que leur existence est un dernier reflet des phénomènes éruptifs eux-mêmes, et qu'elles ne diffèrent des fumerolles et des produits des solfatares que par une température moins élevée et un plus grand éloignement dans le temps ou dans l'espace, de l'éruption proprement dite.

Grâce aux mémorables travaux de M. Ch. Sainte-Claire Deville, travaux que les observations de M. Fouqué ont pleinement confirmés, et qui ont rencontré par la nature même du sujet d'énormes difficultés pratiques qu'un géologue persévérant en même temps que chimiste exercé pouvait seul vaincre, nous pouvons aujourd'hui apporter quelque lumière au milieu du désordre apparent qui règne dans la distribution de ces produits.

M. Deville, étudiant l'éruption du Vésuve de 1855, divise le volcan en trois régions. La première, où l'intensité éruptive est à son maximum, comprend la fissure, dont la formation, comme je l'ai dit déjà, est le premier acte d'une éruption, et dont la direction prolongée doit toujours passer par le sommet du cône volcanique ; la seconde est la région située au-dessous, c'est-à-dire la coulée proprement dite et la troisième l'espace situé au-dessus, en y comprenant le sommet du volcan.

De la fissure même se dégageaient, en même temps que coulait la lave, des vapeurs d'un blanc éclatant et d'une température voisine de celle de la lave elle-même. Ces fumerolles étaient complétement sèches, c'est-à-dire exemptes de vapeur d'eau ; elles produisaient condensation par une poudre cristalline d'un blanc légèrement jaunâtre, dans laquelle le chlorure de sodium prédominait au point d'en former les 94 centièmes ; on y trouva ensuite du chlorure de manganèse avec un peu de fer, des sulfates de chaux, de potasse, de soude et de magnésie. Les matières non condensables contenues dans les fumerolles présentaient la composition de l'air atmosphérique ; elles s'échappaient d'ailleurs sans aucune pression. Quelques jours après, en s'éloignant de la bouche inférieure qui seule donnait encore issue à la lave, pour remonter la fissure on vit l'acide sulfureux apparaître, et en quantité d'autant plus grande qu'on s'éloignait des bouches encore en activité pour s'approcher des points où l'écoulement de la lave avait cessé depuis longtemps ; mais les chlorures dominaient de beaucoup dans les émanations qui, du reste, étaient encore dépourvues de vapeur d'eau. Les cônes et la surface de la lave étaient diaprés de mille couleurs chatoyantes qu'elles devaient aux chlorures métalliques (fer, cuivre, plomb) ou aux résidus de leur composition. Quinze jours après, la lave avait cessé de couler, ce bariolage avait disparu par l'action de la pluie, un seul point émettait encore de l'acide sulfureux, les autres ne donnaient naissance qu'à des cou-

rants de gaz très-échauffés, mais inodores et non acides. En 1852, l'Etna avait présenté un résultat semblable; les orifices qui avaient donné passage à la lave ne donnaient plus quelque temps après que de la vapeur d'eau.

Dans la troisième région, qui comprend le cratère même, les caractères des fumerolles sont tout différents, l'élément dominant est la vapeur d'eau et après elle le soufre sous quatre formes, l'acide sulfurique ou les sulfates, l'acide sulfureux, l'acide sulfhydrique et le soufre, et cela pendant la période active de l'éruption. — Plus tard la vapeur d'eau n'était plus mélangée que de soufre. L'acide chlorhydrique existait encore en très-notable quantité, mais seulement dans les fumerolles à température élevée dont les gaz s'échappaient en abondance, et où l'activité était la plus grande. Sur la lave même on remarqua que les fumerolles se disposent parallèlement aux bords du courant et particulièrement le long des deux murs qui forment les parois latérales.

Complétant ses observations lors de l'éruption de 1861, M. Deville est arrivé à les résumer ainsi : les premières fumerolles étaient des fumerolles sèches composées de chlorures de potassium, de sodium et de chlorhydrate d'ammoniaque. Un peu plus tard, ces fumerolles se sont montrées plus aqueuses, mais toujours avec du chlorhydrate d'ammoniaque. Plus tard encore, leur température s'abaissant, le soufre et l'hydrogène sulfuré y sont apparus. Et en s'adressant à des laves de date plus récente, et dont la température était plus élevée, on retrouvait les fumerolles sèches, qui disparurent aussi un peu plus tard de ces derniers points.

On a constaté aussi des dégagements d'acide carbonique, mais loin des laves et des fissures produites par l'éruption elle-même, et qu'on n'a aucune raison par suite de rapporter à cette éruption, mais plutôt à une autre plus ancienne dont la fissure principale s'était dirigée du côté où les mofettes avaient été signalées. En tout cas, par leur température, qui est la température ordinaire, il est incontestable qu'elles appartiennent à des émanations correspondantes à un degré beaucoup moindre d'énergie. — Les fumerolles observées sur le Vésuve se groupent donc, en ne considérant pour le moment que le radical électro-négatif, dans l'ordre suivant :

1° Fumerolles chlorurées; 2° Fumerolles sulfurées; 3° Fumerolles carburées.

Un voyage qu'entreprit vers la même époque M. Deville vers l'Etna qui était alors dans une période d'activité modérée, mais non en éruption, lui permit de constater les mêmes éléments, sauf les fumerolles sèches chlorurées qui sont le propre de la lave au moment de son émission; et de plus une émanation carburée, l'hydrogène carboné, qui est très-abondante dans les salses du Caucase, et dont il a démontré ainsi surabondamment l'origine volcanique. — (Cet hydrogène carboné était accompagné d'azote pur.)

L'exploration des autres évents volcaniques de l'Italie méridionale lui permit encore de vérifier dans un grand nombre de cas l'échelle qu'il avait établie dans les fumerolles, et dans chaque groupe volcanique il a constamment trouvé que la fumerolle la plus rapprochée du centre de l'activité volcanique, celle dont la température était la plus élevée, était en même temps la plus haute dans le tableau ci-dessous.

Fumerolles sèches :	Chlorures alcalins et quelques sulfates anhydres.
Fumerolles aqueuses :	Chlorhydrate d'ammoniaque et acide sulfureux.
—	Eau et vapeur de soufre.
—	Eau et hydrogène sulfuré.
—	Acide carbonique.
—	Hydrogènes carbonés.

Les observations que M. Fouqué a faites sur l'Etna en 1865 sont une confirmation complète de celles de M. Deville sur le Vésuve. Après un tremblement de terre et la formation d'une fracture, la lave se mit à couler, d'un point situé à la naissance de la gibbosité centrale. Sur la lave incandescente, et pendant la période d'émission, M. Fouqué a constaté les fumerolles sèches caractérisées par la prédominance du chlorure de sodium, les fumerolles aqueuses avec l'acide chlorhydrique et l'acide sulfureux dans des points dont la température supérieure à 400° n'atteignait pas le rouge, puis là où la température inférieure à 400° était supérieure à 100° le chlorhydrate d'ammoniaque et l'acide sulfureux, tandis que dans un ancien cratère refroidi, l'acide carbonique seul se dégageait.

Peu de temps après, le grand cratère principal donnait des fumerolles acides composées d'acide sulfureux, d'acide chlorhydrique et de vapeur d'eau, tandis que sur le revers du cône la vapeur d'eau n'était mélangée que d'hydrogène sulfuré. Et enfin de

l'autre côté du cône, d'une crevasse qui avait précédemment donné lieu à des dégagements chlorurés et secs, sortaient de la vapeur d'eau, du chlorhydrate d'ammoniaque, de l'acide sulfhydrique et de l'acide carbonique en grande abondance. Plus tard enfin, un mois après, la fissure même de l'éruption dégageait de l'acide carbonique contenant encore de l'acide sulfhydrique mais en minime quantité (1/2 pour 100). Les évents volcaniques d'un ordre inférieur, qui, disséminés tout autour de l'Etna, donnent naissance à des dégagements gazeux jaillissant dans une argile gypseuse avec un peu de boue fortement salée, ont éprouvé par suite de l'éruption un affaiblissement notable dans l'énergie du dégagement, nouvelle preuve des relations qui les unissent au volcan lui-même. Quant à la composition des gaz elle était sensiblement la même qu'avant cette éruption ; on y reconnaissait dans les uns le gaz des marais avec un peu d'hydrogène libre, dans les autres l'acide carbonique, dans d'autres enfin, tout à fait à la limite de la région volcanique, de l'azote comme élément prédominant.

L'abaissement de l'énergie volcanique s'est fait encore sentir en dehors de la Sicile, au Stromboli, à Vulcano, célèbre par ses dépôts d'acide borique, non-seulement par une diminution de température, par des dégagements moins rapides, mais encore au point de vue chimique par l'envahissement de l'azote aux dépens de l'acide carbonique, de l'acide carbonique aux dépens de l'acide sulfhydrique, et de celui-ci aux dépens de l'acide chlorhydrique. Le Vésuve lui-même avait subi un affaiblissement notable. Il faudrait donc en conclure que l'Etna, les îles Éoliennes et le Vésuve communiquent avec le même foyer, sans qu'on puisse préciser la nature de ces communications, et ce fait est encore un argument à ajouter à ceux qui ont fait considérer le cercle passant par l'Etna et le Vésuve comme représentant une fente récente du globe terrestre.

VII

Distinction des produits volcaniques à la manière des laves et des produits volcaniques à la manière du soufre.

En même temps que ces gaz se dégagent de la lave ils laissent déposer dans les canaux qu'ils parcourent des produits solides,

provenant de leur condensation tels que le sel ammoniac, le sel marin, ou provenant de l'action qu'ils exercent les uns sur les autres ou sur les roches environnantes. Il va de soi que l'acide chlorhydrique à haute température, l'acide sulfurique, en lequel se transforme si facilement l'acide sulfureux au contact de l'air et d'une substance poreuse, attaqueront les silicates de la lave et formeront des sulfates et des chlorures, que l'hydrogène sulfuré donnera naissance à des dépôts de soufre. C'est ainsi que le soufre, le sel et le gypse se trouvent être des produits volcaniques, mais d'une autre manière que les laves, dont ils dérivent par voie d'émanation; d'autres substances, et particulièrement le fer spéculaire doivent être également rangées dans cette catégorie; les vapeurs émises par les laves et qui contiennent du chlorure de fer, donnent lieu par leur contact avec la vapeur d'eau à du sesquioxyde de fer qui se dépose en lamelles cristallines sur les parois des cheminées. On cite une lave du Vésuve qui montre dans sa partie inférieure du fer oxydulé (on sait du reste que les laves sont en général très-magnétiques, aussi la déclinaison de l'aiguille aimantée est-elle fort variable sur les volcans; en deux points voisins, on a observé des variations de 19°); dans les parties moyenne et supérieure, qui ont plus facilement donné passage aux vapeurs chlorhydriques, le fer oxydulé a disparu, mais la surface de la lave et toutes les pointes par lesquelles il s'est dégagé des fumerolles sont couvertes de paillettes d'oxyde de fer spéculaire. Tandis que le fer oxydulé est volcanique à la manière de la lave, le fer spéculaire l'est donc à la manière du soufre. Il en est de même de l'acide borique que rejettent avec l'hydrogène sulfuré les lagoni de Toscane, et les fumerolles de Vulcano (association qui a fait penser à M. Dumas que le bore arrivait près de la surface à l'état de sulfure), et même de la silice hydratée que déposent les Geysers islandais.

Pour compléter la liste des corps simples ou composés qui entrent dans les émanations des volcans actuels, mais en quantité trop minime pour imprimer un caractère à ces émanations, il convient de mentionner le phosphore, à l'état de chlorophosphate, le cuivre, le plomb, le cobalt, à l'état de chlorures ou d'oxydes, l'arsenic, parmi les corps électro-positifs, le fluor, l'iode et le sélénium, parmi les électro-négatifs (ce dernier surtout combiné au soufre et à l'arsenic).

On doit se demander, en présence de la variété des combinaisons que peuvent former tous ces corps, quelle est la forme primordiale sous laquelle ils apparaissent. La réponse est facile, pour les deux groupes de fumerolles carbonées et sulfurées. — On voit en effet qu'à mesure qu'on se rapproche du centre de l'activité volcanique, ou que la température s'élève, les émanations comprises dans chacun de ces groupes se chargent d'oxygène, et on trouve l'explication de cette oxydation dans ce fait, constaté successivement par MM. Deville, Leblanc, Léwy et Fouqué, que l'air qui sort des fissures volcaniques est toujours dépouillé d'une partie de son oxygène; il faut donc considérer la vapeur d'eau et le soufre, la vapeur d'eau et l'acide sulfureux, comme les produits de la réaction, à température variable, de l'air sur l'hydrogène sulfuré, et l'acide carbonique comme le résultat de l'oxydation de l'hydrogène carboné, d'autant plus qu'on ne voit pas par quelle réaction l'acide sulfureux pourrait être ramené à l'état d'hydrogène sulfuré ou l'acide carbonique à celui d'hydrogène carboné. Il faut donc rejeter l'opinion d'après laquelle l'acide carbonique ne proviendrait que de la décomposition de carbonates par la chaleur.

Pour les composés chlorurés, on est porté à admettre que leur état primitif est celui où ils se présentent dans les fumerolles sèches, c'est-à-dire celui de chlorures alcalins. On sait en effet que l'action d'un mélange de vapeur d'eau et de chlorure alcalin sur un silicate produit de l'acide chlorhydrique, et qu'en présence de l'acide sulfhydrique, de l'eau, de l'air et d'un corps poreux, ce dernier se transforme en chlorhydrate d'ammoniaque (Melsens). Enfin M. Daubrée a montré que des chloro et fluophosphates se formaient facilement par simple combinaison de leurs deux éléments.

Quoique ces diverses considérations simplifient la question en la ramenant à concevoir l'existence primitive dans la lave d'un moins grand nombre de combinaisons, qu'on puisse même aller plus loin dans cette voie en supposant que l'hydrogène carboné provient de la décomposition de matières organisées (cependant on sait qu'une telle supposition n'est pas nécessaire), il n'en est pas moins constant que la lave contient des substances qui par leurs réactions sur ses éléments sont capables de les entraîner sous forme gazeuse et de donner ainsi naissance à une seconde série de produits volcaniques, et parmi ces substances il en est

une particulièrement sur l'importance de laquelle l'attention n'a été appelée que depuis peu de temps quoiqu'elle soit de beaucoup la plus abondante, et dont je ne puis me dispenser de dire quelques mots, je veux parler de l'eau.

VIII

Du rôle de l'eau dans les phénomènes volcaniques.

L'exposé de l'ordre dans lequel se dégagent les diverses émanations a suffisamment prouvé que la lave à une haute température retient une quantité d'eau considérable, et que cette eau a même une affinité plus grande pour la lave que les chlorures alcalins. A quel état se trouve cette eau? la science n'a pas encore de réponse à cette question ; il est clair cependant que cette eau, puisqu'elle ne se réduit pas en vapeur sous la pression ordinaire, est encore dans la lave dans le même état que si elle supportait une pression considérable et capable de retarder jusqu'à cette température le point d'ébullition. Or, les propriétés de l'eau dans ces conditions sont presque inconnues, soit que l'on n'ait pas songé à les étudier, soit que les difficultés d'observation aient découragé les expérimentateurs. Ce qu'on en sait, on le doit aux belles recherches de M. de Sénarmont, et de M. Daubrée, sur la reproduction artificielle des minéraux. On sait d'ailleurs que les cellules de la lave sont souvent remplies de zéolithes, c'est-à-dire de silicates hydratés, qui prouvent que celle-ci a été perméable à l'eau ou au moins à sa vapeur. Non-seulement ces considérations portent à penser que l'eau peut avoir eu une part dans les phénomènes volcaniques, mais il est même un certain nombre de ces phénomènes qu'il est impossible d'expliquer autrement que par l'action prépondérante de l'eau.

Les détails dans lesquels nous sommes entrés sur l'agencement relatif de l'amphigène et du pyroxène dans les laves basaltiques du Vésuve, ne permettent pas d'attribuer à une fusion ignée seule l'état fluide de la lave, puisque la lave fondue et lentement refroidie ne donne pas de pyroxène cristallisé et que l'amphigène est infusible. D'autre part, le feldspath qui fond facilement ne peut être obtenu par refroidissement sous la forme cristallisée qu'il

présente dans les laves trachytiques. Si la chaleur seule ne peut pas rendre compte de l'état de fusion de la lave, qui du reste est encore fluide à une température bien inférieure au point de ramolissement de la lave une fois solidifiée, il faut nécessairement attribuer cette fluidité à la présence d'un fondant, capable de maintenir liquide le quartz lui-même (trachyte des bords du Rhin) à une température assez basse. Il faut de plus que ce fondant possède des affinités chimiques telles qu'il puisse par son évaporation, ou par son passage à travers des roches éminemment altérables, des calcaires par exemple, n'y laisser aucune trace. Il ne manque pas d'exemples en effet de roches calcaires qui, entourées de tous côtés par des laves basaltiques (le calcaire de la Somma, celui de Kaiserstuhl), se trouvent imprégnées des cristaux mêmes de la lave, sans avoir pour cela perdu leur nature calcaire; tandis que si le fondant eût été un acide quelconque, on ne devrait plus retrouver le calcaire après cette pénétration.

Parmi les éléments de la lave un seul peut jouer ce rôle, c'est l'eau; des expériences synthétiques sont ensuite venues prouver qu'elle était capable de le remplir. En effet, un courant de vapeur d'eau désagrége la lave à une température de beaucoup inférieure à son point de fusion, même sous la pression ordinaire, l'eau à haute température, sous pression, réagit fortement sur les silicates. Le verre, par exemple, est décomposé et donne naissance : 1° à un silicate hydraté de la famille des zéolithes (qui peut même devenir un silicate anhydre lorsque la température est assez élevée) ; 2° à un silicate alcalin, soluble entraînant de l'alumine ; 3° à une grande quantité de petits cristaux de quartz bipyramidé. Cette transformation s'opère à une température bien inférieure au rouge, par un poids d'eau qui n'est pas même égal au tiers du verre transformé. L'obsidienne se transforme, par la même action en un trachyte à grains fins dans lequel le microscope a fait reconnaître des cristaux de rhyacolite, ou feldspath vitreux, tandis que les fragments de feldspath qui se trouvaient mélangés à l'obsidienne soumise à l'expérience n'avaient été aucunement altérés. Du kaolin purifié avec soin ne contenant que de l'alumine et la silice, traité par l'eau minérale de Plombières, qui tient en dissolution des silicates alcalins, s'est transformé en un feldspath accompagné d'un peu de quartz cristallisé, tandis que le tube en verre dans

lequel la réaction se passait, était transformé par l'action de l'eau en une masse blanchâtre dont l'intérieur contenait des cristaux de pyroxène.

Enfin les bois soumis aussi à l'action de l'eau à haute température sous pression se sont transformés en une anthracite tout à fait analogue à l'anthracite naturelle, et dont les formes semblent indiquer une demi-fusion. En poussant moins la température on est arrivé à produire des corps analogues aux lignites, à la houille, et dans toutes les réactions il se dégageait des produits bitumineux doués de l'odeur caractéristique des bitumes naturels.

L'eau a donc cette propriété de favoriser le départ de substances qui sans elle resteraient mélangées, et de permettre la cristallisation des silicates bien au-dessous de leur point de fusion, aussi bien des silicates anhydres que des silicates hydratés qui sont si fréquents dans les cellules des basaltes; et en même temps que nous nous expliquons la cristallisation des laves, nous arrivons à saisir par quel mécanisme celles-ci ont pu développer, dans des couches sédimentaires voisines, des produits minéraux dont la formation par voie ignée était d'autant plus inadmissible que leur température de fusion est supérieure à celle de la décomposition de ces couches.

Enfin apparaît dans toute sa grandeur le rôle de l'eau à la surface de la terre. Physiquement, elle donne la dernière forme au relief terrestre, charriant avec elle les matériaux des couches sédimentaires, tantôt à l'état de sable, tantôt à l'état d'argile. Chimiquement elle agit à froid, tant par elle-même, que par les matières (acide carbonique) dont elle se charge, pour décomposer les roches qu'elle a déjà désagrégées et les mettre à la disposition de l'agriculture; pour aller reformer plus loin, par la réaction sur les roches qu'elle traverse, les minéraux les plus variés; à chaud, et vomie du centre de la terre, elle est l'agent le plus actif de cet accroissement permanent que l'écorce du globe reçoit sans cesse de la profondeur; véritable sang de la terre, qu'elle parcourt dans toute son étendue, entraînant tous les éléments à travers mille combinaisons diverses, jusqu'à ce qu'ils aient trouvé la place définitive qui leur est assignée par les lois immuables de la nature.

Toutefois cette action prépondérante ne doit pas nous faire perdre de vue qu'elle est aidée par une foule de corps tels que

le chlore, le soufre, le fluor, dont les affinités plus énergiques sont indispensables pour amener au jour les éléments (surtout les métaux) sur lesquels l'eau semble n'avoir pas de prise, et au milieu de ces phénomènes qui ont duré de tout temps et dans lesquels l'eau et la silice semblent avoir joué le rôle principal, établissent des variétés, des nuances dont l'étude va nous occuper maintenant.

IX

Compositions des principales roches éruptives.

A côté des basaltes et des trachytes que nous avons vus constituer les roches volcaniques, tant modernes qu'anciennes, viennent se ranger des roches qui sont venues au jour dans d'autres circonstances, mais dont l'origine éruptive ne saurait être niée puisqu'on les voit remplir des fentes dans les roches sédimentaires qu'elles ont disloquées, et dont elles ont souvent modifié la composition. Ces roches forment une chaîne non interrompue depuis les roches volcaniques actuelles jusqu'aux granites les plus anciens; ainsi du basalte on passe insensiblement aux trapps, qui n'en diffèrent que par l'absence du péridot, mais qui se sont également épanchés en nappes immenses quelquefois columnaires (Chaussée des Géants-Staffa), fréquemment amygdaloïdes et remarquables par la grande quantité de zéolithes qu'ils renferment; aux mélaphyres, qui ne contiennent guère que du pyroxène avec quelques cristaux de feldspath et des amygdaloïdes de silicates hydratés (chlorite zéolithes, terre verte), et qui sont particulièrement remarquables par la quantité de magnésie qu'ils ont entraînée et répandue ensuite dans les terrains sédimentaires; des laves anciennes de l'Etna ont tout à fait la composition des mélaphyres. Ce qui distingue les mélaphyres et les ophites qui en sont une variété, des trapps, c'est le peu de fluidité qu'ils possédaient lors de leur venue au jour.

Moins fluides encore que les mélaphyres sont les serpentines qui, chose remarquable, contiennent les éléments du pyroxène à l'état de diallage ou de silicate hydraté. Elles ne forment pas de filons, mais le plus souvent se présentent en dômes au fond de cratères de soulèvement, dont les flancs sont formés de roches sé-

dimentaires et qui n'ont jamais donné lieu à des dégagements gazeux sous forme explosive.

Les trachytes passent aux porphyres quartzifères par l'intermédiaire des porphyres de la Hongrie qui sont intimement mélangés aux trachytes proprement dits. En général les porphyres quartzifères et feldspathiques passent de l'un à l'autre, et sont presque toujours accompagnés de conglomérats de roches entourées de pâte porphyrique qui montrent bien qu'ils ont fait éruption à l'état pâteux.

Enfin les porphyres passent au granite et à ses variétés qui à la différence des premiers n'ont pas de conglomérats de frottement, et sont venus au jour, comme j'aurai occasion de le dire, à un état de fusion très-peu avancé, plutôt comme un corps mou que comme une roche fondue, qui ne se sont pas épanchés, qui n'ont jamais formé de brèches avec les roches à travers lesquelles ils ont été poussés.

Si l'on examine la composition générale des roches volcaniques modernes ou anciennes que nous avons brièvement énumérées, on leur trouve un trait commun, la basicité ou au moins la neutralité.

Les feldspaths qui en sont la base habituelle ne sont généralement pas saturés de silice. Ce sont le labrador, l'amphigène et l'oligoclase.

	OXYGÈNE DES BASES. RO	OXYGÈNE DES BASES. R^2O^3	OXYGÈNE DE LA SILICE
Labrador. . .	1	3	6
Amphigène.	1	3	8
Oligoclase. .	1	3	9

Le pyroxène, dans lequel le rapport de l'oxygène de la silice à celui des bases est celui de 8 à 4, en est aussi un élément constant.

Beaucoup plus rares sont les exemples de laves trachytiques, contenant des feldspaths saturés (rapports 1 : 3 : 12) et de l'amphibole (rapport 9 à 4). La présence du quartz isolé est tout à fait exceptionnelle, tandis que celle du fer titané, ou plus exactement du fer oxydulé titanifère qu'on doit considérer comme éminemment basique, est très-fréquente.

Ce caractère basique est également prononcé dans d'autres roches éruptives, qu'on ne peut en l'absence de scories ou de tuf consi-

dérer comme volcaniques, telles que la serpentine et des roches trappéennes à base de labrador, appartenant à des périodes géologiques plus récentes en général que les roches acides.

Le type par excellence de ces dernières est le granite (composé de feldspath saturé, de mica et de quartz) avec toutes ses dégénérescences; on doit y rattacher encore les diorites et certains porphyres quartzifères. Aucune de ces roches n'a fait éruption à la manière des laves proprement dites. Elles ont été injectées le plus souvent à l'état pâteux dans les fissures des autres roches.

X

Des filons ordinaires. Leur analogie avec les sources thermales. Leur liaison avec les roches éruptives.

Les gisements les plus ordinaires des métaux, tels que le fer, le plomb et le cuivre, qui se trouvent être en même temps les gisements les plus ordinaires de la baryte, des spaths fluor et calcaire, du quartz cristallisé et du soufre (ce dernier à l'état de combinaisons métalliques), se trouvent précisément répartis autour des masses de roches éruptives basiques, de la même manière que les sources minérales le sont autour des centres volcaniques, et il est même beaucoup plus facile d'établir, grâce aux travaux d'exploitation, à la facilité d'abord de ces masses aujourd'hui refroidies, la liaison des filons avec les roches d'origine ignée.

La comparaison de la liste des corps simples que l'on trouve dans les filons ordinaires et dans les sources minérales est tout entière à l'avantage des premiers, c'est-à-dire qu'à l'exception de l'azote, tous les corps qui entrent dans la composition des sources minérales actuelles se retrouvent dans les filons. Il est d'ailleurs hors de doute que les filons auxquels je fais allusion, que l'on a nommé filons concrétionnés, sont d'anciennes fentes remplies après coup par des matières appliquées dans les fentes sur les deux parois, formant des bandes symétriquement disposées dont les cristaux tournent leurs pointes vers l'intérieur de la fente originaire, dont le milieu présente une cavité tapissée de cristaux libres. Cette disposition même jointe à la nature chimique des minéraux contenues dans les filons ne permet pas de douter que ces derniers n'y aient été apportés par les eaux. Non-seulement ces substances

ne sont pas volatiles, mais beaucoup, parmi lesquelles les pyrites de fer par exemple, sont décomposées par la chaleur. On sait au contraire qu'elles sont des produits de la voie humide, et l'on voit encore les sources thermales de Chaudes-Aigues déposer des pyrites. M. Bunsen les a également vues en Islande se déposer au sein des eaux. Il n'est même pas nécessaire d'adopter l'ingénieuse hypothèse d'Ebelmen, qui nécessitait la présence du sulfate de chaux, d'un sel de fer et d'une matière organique (on ne doit pas non plus la rejeter entièrement, les matières organiques, la barégine par exemple, ayant été constatées dans les eaux minérales) ; la matière réductrice n'ayant d'action que par son carbone, il n'est pas indispensable de supposer qu'elle ait été organisée, les bitumes ou hydrogènes carbonés fréquents dans les émanations volcaniques pouvant se former, comme nous l'a appris M. Berthelot, par la combinaison directe de leurs éléments; enfin il est très-possible que sans l'intervention d'aucune matière carbonée, au sein d'un liquide très-chargé d'hydrogène sulfuré, le soufre et le fer ou tout autre métal à l'état naissant puissent se combiner et produire des pyrites.

En tout cas, quel qu'ait été l'agent réducteur, ces pyrites si abondantes dans les filons sont certainement des produits de la voie humide; il en est de même des cristaux de quartz et d'autres substances dans les cavités microscopiques desquels M. Sorby a trouvé de l'eau, ou des hydrocarbures volatils à très-basse température[1].

La provenance de l'eau dans laquelle se sont déposés les minéraux est indiquée par leur nature même, et par les altérations que présentent les filons dans leurs parties supérieures. Les eaux qui coulant à la surface de la terre, s'insinuent dans les fissures de l'écorce terrestre, s'y échauffent et s'y minéralisent, sont chargées d'oxygène; ces eaux doivent oxyder les matières minérales qu'elles rencontrent, de là phénomène très-général que présentent les filons métalliques et connu des mineurs sous le nom de chapeau de fer; je veux parler de la présence des oxydes, sulfates et phos-

[1] M. de Sénarmont a, par la voie humide à haute température, obtenu successivement sous la forme cristalline le quartz, les carbonates de fer, de manganèse et de zinc, la baryte sulfatée, l'antimoine sulfuré, le mispickel, l'argent rouge, etc., en tout trente espèces minérales caractéristiques des filons concrétionnés.

phates, à la partie supérieure des filons. On doit en conclure que si les dépôts des filons avaient été produits par des eaux venant de la surface, ces dépôts se composeraient de produits oxydés, tandis qu'ils sont généralement sulfurés et oxydés seulement à la partie supérieure.

Nous sommes donc conduits à penser que les fentes actuellement remplies par les filons ne sont autre chose que des canaux souterrains dans lesquels ont circulé des eaux thermales, c'est-à-dire provenant de l'intérieur du globe ; il resterait à indiquer comment ces eaux ont pu y être amenées. Nous allons essayer de démontrer, et par la composition chimique et par les circonstances de gisement, que ces eaux avaient avec les masses minérales éruptives les relations que présentent avec les masses volcaniques les émanations et les sources minérales.

Les substances métalliques contenues dans les filons concrétionnés y sont accompagnées de substances pierreuses auxquelles on donne le nom de gangues. Ces substances sont tout à fait différentes de celles qui constituent les roches éruptives elles-mêmes. Elles sont formées des mêmes éléments que les silicates qui entrent dans la composition de ces roches, mais dans un état de combinaison ou même d'isolement tout différent. Tandis que la silice se trouve dans la roche éruptive à l'état de combinaison avec l'alumine, les alcalis, la chaux ou la magnésie, elle se trouve au contraire dans les filons, jamais à l'état de silicate anhydre, rarement à l'état de silicate hydraté (zéolithe, chlorite), et presque toujours isolée à l'état de quartz. La chaux et les corps qui l'accompagnent, fer, manganèse, magnésie, se trouvent à l'état de carbonate, tandis que les alcalis sont excessivement rares. Or, c'est précisément à quoi l'on doit s'attendre, si l'on considère les filons comme produits par les dépôts d'eaux émanant des roches éruptives. On sait en effet que la silice est facilement entraînée en dissolution ainsi que les alcalis, puis la chaux et la magnésie, tandis que l'alumine reste à l'état de silicate simple insoluble. Aussi celle-ci ne se trouve-t-elle dans les filons qu'à l'état d'argile lithomarge, la silice dissoute s'y dépose à l'état de quartz, la chaux et la magnésie à l'état de carbonates, tandis que les alcalis beaucoup plus solubles sont entraînés et conduits plus loin par les eaux.

D'un autre côté, tous les gîtes métallifères ne sont pas des filons concrétionnés produits par les eaux, il y en a d'autres renfermés

dans l'intérieur de certaines roches éruptives ou tout à fait dans leur voisinage, et tous ces gîtes forment une chaîne continue dont les filons réguliers, ou formés par incrustation dans des fissures, constituent une extrémité, et les roches éruptives l'autre extrémité. Tels sont par exemple les filons dits injectés, par opposition aux filons concrétionnés, et les amas de formes moins régulières, qui sont entièrement remplis de roche éruptive, telle qu'un basalte ou un porphyre, et qui ne présentent en aucune manière la disposition rubanée caractéristique des filons concrétionnés. Les métaux ne sont pas rares dans ces amas; les filons de basalte sont riches en fer oxydulé, les serpentines sont également un gisement habituel du fer chromé ou oxydulé; le minerai de fer de l'île d'Elbe est entièrement éruptif. Des trapps contiennent des globules de cuivre et d'argent natifs, et des filons qui traversent ces trapps et les grès avoisinants contiennent des pyrites cuivreuses; le cuivre de l'Oural se trouve au contact des diorites et des calcaires; les gîtes métallifères de la Toscane qui contiennent la pyrite cuivreuse, le cuivre gris, le cuivre natif, la blende, la galène, sont des conglomérats de frottement composés de serpentine et des débris produits par son éruption.

Certains métaux n'ont même pas d'autre gisement que ces roches basiques, tels sont le platine et les métaux qui l'accompagnent. On n'exploite guère que des alluvions récentes produits de l'action des agents atmosphériques sur les roches qui les contiennent, et dans lesquelles ils sont concentrés par un lavage naturel; mais on est arrivé à retrouver le gîte originaire de ce platine (dans un filon de diorite, par exemple dans la Nouvelle. Grenade ou dans les masses serpentineuses de l'Oural, où il est associé à du fer chromé). On comprend d'ailleurs que la difficulté avec laquelle ces corps se combinent avec les minéralisateurs ordinaires, l'instabilité de leurs combinaisons ne se prêtent pas à leur entraînement à l'état de vapeur ou autrement.

Tous les métaux étant sujets à se trouver dans les roches éruptives et se rencontrant quelquefois en dehors de ces roches, dans les masses qui sont immédiatement en contact avec elles, on ne saurait douter que, dans ce cas, ils aient été introduits par l'effet même de l'éruption de la roche qui les renferme, d'autant plus que lorsqu'ils sont dans la roche même ils sont concentrés près de sa surface, ce qui semble annoncer que le phénomène qui les a

fait pénétrer à l'extérieur n'est que la suite et la continuation de celui qui les a portés de l'intérieur de sa masse vers la périphérie. Et puisque les masses éruptives renferment quelquefois des métaux et les introduisent dans les terrains où elles pénètrent, il n'y a rien d'étonnant à ce qu'on trouve des métaux dans les filons ordinaires formés de substances concrétionnées qui sont le cortége de ces masses. Les roches éruptives et les filons forment deux classes distinctes par leur mode de formation et par la manière dont les éléments y sont combinés; elles se relient par leur distribution géographique et par les éléments particulièrement métalliques, et je ne puis mieux faire pour faire comprendre ces analogies et ces différences que de reporter le lecteur à l'exemple donné de la lave contenant du fer oxydulé dans ses régions inférieures, et dégageant des chlorures de fer, reproduisant du fer spéculaire dans les cheminées que parcourent les vapeurs qui s'en dégagent. La grande quantité d'eau nécessaire pour alimenter les sources qui, par leurs parcours dans les fentes y ont déposé les filons, est une analogie de plus avec les volcans dont les émanations, comme il a été dit, sont formées en plus grande partie de vapeurs d'eau et qui, comme je l'ai exposé, dégénèrent en sources minérales à mesure qu'elles s'éloignent du foyer principal ou que l'énergie de celui-ci diminue.

Ces émanations ont possédé l'énergie chimique et la subtilité des émanations actuelles, aussi doit-on s'attendre à trouver non-seulement les fentes principales qui ont formé les filons, mais encore les fissures les plus déliées, même à des distances éloignées du foyer principal, pénétrées par ces émanations et remplies des corps dont l'entraînement a été le plus facile. Ainsi doit-on s'expliquer ces mouches imperceptibles de sulfures métalliques qui se trouvent à une assez grande distance des filons disséminées dans les roches voisines, la transformation de couches calcaires en dolomies par des émanations provenant de roches magnésiennes, ou en gypse par des émanations sulfureuses, la présence de certains minéraux, comme la chaux fluatée et surtout la strontiane sulfatée, si fréquente dans les terrains des environs de Paris. On pourrait même attribuer une origine de ce genre aux grands dépôts gypseux et salés qui se sont produits à diverses époques géologiques, et qui sont en relation tantôt avec des dépôts de soufre, tantôt avec des argiles plus ou moins bariolées, analogues

à celles qui sont déposées de nos jours par les Geysers d'Islande, et à celles qui accompagnent les dépôts ferrugineux du commencement de la période crétacée[1].

Les produits de ces émanations se sont même épanchés dans les terrains de sédiments en voie de formation et ont donné naissance ainsi à de véritables couches métallifères, ou à ces incrustations remarquables des restes de corps organisés par des matériaux, tels que le sulfate de baryte, les pyrites qui appartiennent généralement aux filons métallifères.

Sans doute il ne faudrait pas généraliser outre mesure ces idées, et attribuer exclusivement cette origine aux minéraux qu'on rencontre dans les formations sédimentaires. Il est clair, au contraire, que si des eaux superficielles, après avoir parcouru un filon pyriteux, s'être chargées de sulfate de fer, viennent à rencontrer des débris organiques dans les couches sédimentaires qu'elles traversent ensuite, elles donneront lieu, par le procédé de l'épigénie, à des dépôts de pyrite régénérée, et en général l'action de l'eau météorique froide suffisamment prolongée sur les roches peut produire des résultats analogues à l'action de la vapeur d'eau sur les roches éruptives; mais cette origine purement superficielle et froide ne saurait être générale; elle est en contradiction au contraire avec un grand nombre de faits, tels que les dépôts de sels de chaux, de magnésie ou de potasse anhydres et la forme cristalline même de certains sels, qui ne peuvent provenir que d'eaux à une température élevée, trop élevée même pour qu'on puisse l'attribuer à leur pénétration dans des couches superficielles de l'écorce terrestre.

XI

Des filons stannifères et du granite.

Dans ces considérations sur les filons et les roches éruptives, nous avons laissé de côté à dessein et les filons stannifères et les roches franchement acides, c'est-à-dire les granites et leurs

[1] On a réussi à produire artificiellement les bariolures qui tiennent à l'état d'oxydation du fer, en faisant passer alternativement de la vapeur d'eau, et l'acide chlorhydrique (si fréquent dans les émanations actuelles) sur des argiles ferrugineuses.

dégénérescences, eurite, leptynite, hyalo-tourmalite, etc. Et par filons stannifères nous entendons les gites habituels de l'étain et des métaux qui lui sont associés ordinairement, le tungstène, le molybdène et autres de la même famille. Ces filons se distinguent nettement des filons ordinaires, par leur richesse considérable, en corps simples et en minéraux rares ou inconnus dans les autres, principalement les silicates anhydres. Les corps dits minéralisateurs, comme le soufre, n'y jouent aucun rôle, les métaux y sont oxydés, et ces oxydes ont tous des propriétés acides. Les corps simples si nombreux (ils sont au nombre de 48) dans ces filons se trouvent engagés dans des combinaisons bien plus complexes que dans les filons ordinaires ; on les retrouve tous dans les granites avec lesquels les filons stannifères ont les mêmes relations de position que les filons ordinaires avec les roches neutres ou basiques.

Ce sont les granites et les filons stannifères qui leur sont associés qui contiennent les métaux rares, zirconium, yttrium, cerium, tantale, niobium, pelopium, etc., qu'on ne retrouve pas dans les autres formations, et les corps simples, communs aux granites et aux autres roches éruptives, s'y présentent sous des formes cristallines remarquables et particulières.

La silice joue un rôle prépondérant dans le granite qui la contient à l'état de feldspath saturé, et de quartz en grande abondance, au point de constituer tout entière certaines roches qu'on ne peut considérer que comme des variétés du granite.

A cette grande acidité, à la cristallinité, on doit encore ajouter l'énergie chimique considérable que possédaient les émanations du granite. Les roches sédimentaires au travers desquelles les granites se sont fait jour, ne semblent pas avoir subi l'influence d'une température excessive ; elles sont rarement fondues, comme cela arrive assez fréquemment pour celles qui avoisinent les basaltes ou les porphyres ; la stratification n'a pas disparu, mais elles sont profondément modifiées dans leur constitution chimique, et enrichies des minéraux mêmes qui accompagnent l'étain dans les filons. — Ces minéraux et l'étain sont, par rapport au granite, distribués comme les minéraux des filons ordinaires par rapport aux roches basiques, c'est-à-dire condensés à sa surface, et surtout dans les ramifications qu'a poussées le granite dans les roches sédimentaires. C'est encore là que le granite

devient plus cristallin et le plus riche en silice, et les causes de la cristallinité, de la richesse métallique et de la richesse en silice doivent être recherchées ensemble. — On a voulu expliquer ces phénomènes, en attribuant le granite à des éruptions intérieures, ce qui est inadmissible, vu qu'il est positif que la richesse métallique et la cristallinité sont en rapport avec la surface actuelle du sol d'une part, et que de l'autre elles sont en connexion étroite avec l'âge du granite. Les roches granitiques les plus riches en corps simples (en Europe celles des environs de Christiania, de l'Oural) sont certainement les plus anciennes. L'étain, le cerium, le zirconium et autres métaux rares qui y abondent, ont disparu dans les granites modernes, de l'île d'Elbe et des Alpes. Ceux-ci ne sont plus stannifères, le tungstène, le cerium, et leurs satellites habituels y font défaut.

L'action métamorphique subit la même diminution : tandis que les roches sédimentaires anciennes qui entourent les granites scandinaves sont remplies de cristaux, et passent insensiblement au granite, les granites récents, bien moins cristallisés, perdent tout à fait cette propriété caractéristique au contact des roches qu'ils ont pénétrées et sont enveloppés d'un manteau de lurite, tandis que les roches avoisinantes portent les traces de la chaleur de la roche éruptive, et non de son activité chimique. Les filons liés à ces derniers granites offrent d'ailleurs la composition de filons liés à des roches basiques : du plomb, du cuivre et de la baryte sulfatée comme gangue. En même temps, du reste, que les granites se sont appauvris, leurs éruptions sont devenues de plus en plus rares, tandis que les éruptions de porphyres quartzifères, de trachytes, de basalte, etc., se développaient. En mettant de côté ces exceptions, et ne considérant que les granites anciens cristallins, acides et riches en minéraux qui ont formé la première écorce du globe terrestre, et qui sont liés aux filons stannifères, les granites diffèrent bien moins de ceux-ci que les roches éruptives modernes ne diffèrent des filons que leurs émanations ont formés.

Si les bornes de cette étude ne me permettent pas de m'étendre sur la question de l'origine du granite, je dois cependant indiquer les principales analogies et différences de cette roche fondamentale et des roches éruptives plus récentes. — On doit remarquer d'abord que les laves modernes sont relativement

anhydres, quand on les compare aux roches volcaniques anciennes qui contiennent des zéolithes et surtout les serpentines et les diallages. Il n'y a donc rien d'absurde, au point de vue géologique, à admettre que le granite ait contenu de l'eau lorsqu'il a fait éruption ; il contient d'ailleurs des minéraux dans la composition desquels entre l'eau. D'un autre côté s'il est évident par la disposition en filons du granite qu'il est éruptif, on ne peut admettre qu'il soit arrivé au jour en état de fusion ignée. Comment expliquer en effet que certaines variétés de granite entièrement quartzeuses aient pu traverser à la haute température nécessaire pour fondre la silice, des roches sédimentaires sans les fondre entièrement? Comment admettre que, dans le refroidissement, le quartz infusible se soit moulé sur le feldspath fusible, ou sur la tourmaline ? Comment expliquer que certains minéraux tels que l'orthite ou la gadolinite, sur lesquels on trouve encore le quartz moulé, jouissent de la propriété de produire à une température inférieure au rouge brun, un dégagement de chaleur et de lumière accompagné d'un changement d'état moléculaire? L'hypothèse de la fusion ignée rejetée lorsqu'il est néanmoins démontré que le granite devait avoir une température relativement élevée, nous ne pouvons admettre qu'une surfusion gélatineuse, produite par la combinaison de l'eau et de la silice, contribuant l'une et l'autre à se retenir dans l'état de mollesse dans lequel le granite est venu au jour.

Du reste, l'eau n'est pas la seule matière volatile qui existe dans les laves au moment de leur éruption ; les chlorures métalliques, l'hydrogène sulfuré y abondent comme il a été dit en parlant des fumerolles. Si l'acide chlorhydrique et l'hydrogène sulfuré sont nécessaires pour entraîner le fer et le cuivre, il fallait aux fumerolles granitiques une énergie chimique bien plus grande pour entraîner, soit à la surface du granite, soit même en dehors, les métaux tels que l'étain, le tungstène, etc., et l'on pourrait, en suivant les idées de M. Daubrée, trouver dans le fluor cet agent si énergique. Il est en effet remarquable qu'après la silice, ce sont les composés fluorés (mica, topaze) qui sont le plus abondants dans les gîtes stannifères, c'est-à-dire dans cette catégorie de roches qui possède les minéralisateurs de la silice et de l'étain au même titre que les filons ordinaires sont les réceptacles du soufre, le minéralisateur le plus ordinaire des émanations des roches plus récentes. Le fluor

n'est pas le seul agent que l'on rencontre dans la zone d'émanation des granites, le phosphore, le chlore et même le soufre s'y retrouvent; mais par leur quantité et leur énergie on ne saurait les comparer au fluor. On ne choquera aucune vérité chimique en admettant que l'eau, à haute température, le fluor et les autres métalloïdes ont suffi pour maintenir à l'état mou la silice, l'alumine et les autres métaux, dont les combinaisons diverses ont cristallisé à mesure que les éléments liquéfiants se dégageaient, entraînant avec eux les corps plus volatils vers les parois de la masse granitique, et les faisant pénétrer dans les roches déjà consolidées, sur lesquelles elles produisent le métamorphisme. Le dégagement de la vapeur d'eau et des agents fluorés a dû être lent, puisque nous ne trouvons ni scories ni conglomérats autour des roches granitiques, et c'est dans la lenteur de ce dégagement qu'on peut chercher l'explication de la cristallinité du granite [1].

Ces considérations sont en même temps suffisantes pour faire entrevoir les causes de l'extrême richesse des premières émanations granitiques. Il n'est pas moins intéressant de constater que si les granites les plus récents n'ont pour cortége que les métaux liés ordinairement aux roches basiques, les filons liés aux granites anciens s'appauvrissent en corps simples et deviennent semblables aux filons ordinaires à mesure que leur âge s'éloigne de celui de la roche éruptive, en d'autres termes, que les émanations de ces granites anciens ont subi dans la suite des temps le même appauvrissement que les granites eux-mêmes. Ainsi, les quatre systèmes de filons qu'on remarque dans le Cornouailles, en suivant l'ordre des temps, sont les filons stannifères intimement liés au granite, puis les filons cuivreux qui s'en éloignent davantage, les filons plombeux et enfin les filons manganésés, les plus pauvres et en même temps les plus récents, quoique leur formation soit antérieure au dépôt des terrains jurassiques.

[1] Il y aurait encore à étudier le rôle qu'a pu jouer l'électricité, tant dans la formation des minéraux électriques que dans la concentration des métaux, non-seulement à la surface de contact du granite et des autres roches, mais encore à la partie supérieure de cette surface.

XII

Conclusion.

En considérant l'ensemble des faits rapportés plus haut, on est conduit à former une chaîne continue de roches de plus en plus siliceuses, et portant l'empreinte de réactions chimiques de plus en plus complexes depuis les laves des volcans actuels jusqu'aux granites d'une part, et de l'autre, une chaîne des émanations qui ont accompagné et suivi l'éruption de ces roches depuis les émanations volcaniques actuelles jusqu'aux filons stannifères. En suivant les anneaux de cette dernière, on voit apparaître des plus modernes aux plus anciens toute la série des corps simples, et soit qu'on considère l'une ou l'autre chaîne, on est toujours ramené à la question de l'origine des granites, qui est le nœud de la chimie géologique.

A l'origine des phénomènes éruptifs, les deux classes de produits étaient moins distinctes par leur composition qu'elles ne le sont devenues depuis, et beaucoup plus complexes puisqu'elles renfermaient les quatre cinquièmes des corps simples. Il s'est fait un triage graduel de ces corps qui s'est prolongé pendant la formation de l'écorce terrestre, mais dont les effets ont varié avec l'épaisseur de celle-ci. Par suite de ce départ, les corps dont les affinités sont les plus énergiques, comme ceux dont les affinités sont les plus faibles, ont été fixés de bonne heure en presque totalité, et il n'est resté en circulation que des corps d'une énergie modérée et très-sensibles à l'action qu'ils exercent les uns sur les autres dans les circonstances actuelles. Les premiers ont été fixés dans les portions de l'écorce du globe qui ont subi les premières les atteintes du refroidissement et qui sont en même temps les plus riches en corps simples. Le second degré de richesse se trouve dans les filons ou émanations de masses moins siliceuses ; le troisième, dans les eaux minérales qui sont une continuation des phénomènes ayant produit les filons, et le quatrième dans les émanations actuelles des volcans qui, un peu plus pauvres que les eaux minérales, ont la plus grande ressemblance avec elles.

La série des phénomènes dont le globe porte les traces présente

une certaine gradation et un commencement que la science permet d'entrevoir. Ce globe, semblable en cela aux êtres organisés, a eu sa jeunesse et a sensiblement vieilli. Si dans les intervalles des grandes commotions dynamiques qui produisent les chaînes de montagnes et qui tuent des myriades d'êtres organisés sans détruire absolument toutes les espèces, il conserve encore les mêmes organes de mouvement et de changement qu'à son origine, ces organes ne présentent plus la même vivacité d'action, ne sont plus alimentés par des substances aussi énergiques.

A la grandeur des lignes de ce tableau, à l'ampleur des vues, le lecteur aura reconnu sans doute la main du maître éminent auquel nous avons déjà emprunté l'année dernière les principes de la mécanique du globe, et qui à une époque déjà éloignée avait jeté les bases de la physique et de la chimie géologiques ouvrant à la science les seuls chemins qui puissent la conduire à la théorie véritable et exacte de la formation du globe.

A. Reitop.

PHYSIOLOGIE

LA GREFFE ANIMALE

TRAVAUX RÉCENTS DE M. PAUL BERT

I

On peut dire que la légende est sœur de l'histoire ; l'homme raconte souvent quand il croit inventer, de sorte que les récits les plus fantastiques ont d'ordinaire quelque chose de vrai. Ainsi, lorsque le joyeux Rabelais nous conte la facétie d'Epistémon dont la tète coupée fut rétablie à sa place par Panurge, il ne tire pas de son cerveau le fond de l'épisode. Mais on doit supposer que, docteur de la Faculté de Montpellier, il s'est souvenu de quelque histoire de greffe animale dont il a fait la parodie. C'est qu'en effet, on connaissait déjà au seizième siècle un grand nombre de faits merveilleux : des nez coupés avaient été remis en place et avaient parfaitement repris. D'autres fois, le précieux appendice ayant été perdu, on en avait fait un neuf avec de la peau prise en quelque autre endroit.

ORIGINE DE LA GREFFE ANIMALE

Il paraît que c'est dans l'Inde que naquit cette pratique chirurgicale ; les prêtres l'exerçaient, dit-on, de temps immémorial, mais en gardaient précieusement le secret. Celse et Galien, toutefois, mentionnent cette opération. Mais on la vit se répandre singulièrement au quinzième siècle, époque à laquelle les chirurgiens italiens la réinventèrent ou la remirent en usage pour remédier aux mutilations étrangement barbares qu'ordonnaient les tribunaux de ce temps. Le bourreau tranchait le nez à un con-

damné ; un chirurgien recueillait l'organe ; puis, la justice satisfaite, courait le réajuster au patient qui en était quitte pour une légère cicatrice.

Il faut bien avouer que ces opérations, et surtout celles dans lesquelles on refaisait de toutes pièces un organe avec de la peau empruntée, avaient un air quelque peu invraisemblable. Aussi, ne faut-il pas trop en vouloir aux vieux chirurgiens français s'ils ont accueilli ces récits avec le sourire de l'incrédulité, tandis que de l'autre côté des Alpes l'enthousiasme des Bolonais érigeait au chirurgien Tagliacozzo une statue qui le représentait tenant un nez dans sa main.

Mais quand le doute devint impossible, quand les faits se multiplièrent, pourquoi la France se moutra-t-elle si rebelle à accepter la vérité ? Pourquoi, en plein dix-huitième siècle, abreuver d'injures et de sarcasmes le pauvre Garengeot qui avait publié un fait de ce genre tiré de sa propre pratique ? Aujourd'hui que tous les chirurgiens ont vu quelque cas analogue, on croit à la sincérité de son récit, et l'on accepte qu'un nez arraché par la morsure d'un soldat furieux, foulé aux pieds dans la boue, et enfin lavé avec du vin chaud, ait pu, après tant de péripéties, être remis à sa place et s'y rétablir. C'est-à-dire qu'en pareille matière, on est habitué au merveilleux.

On possède aujourd'hui des observations nombreuses de doigts, d'oreilles, de mentons, de pommettes complétement séparés du corps et remis en place avec succès. Les physiologistes ont tenté de produire sur les animaux des restaurations analogues ; ils ont fait plus ; ils ont transporté des tissus d'un animal à un autre qui souvent était d'espèce fort différente ; des plumes ont été plantées sur le dos de chiens et y ont poussé, des dents humaines implantées sur des crêtes de coqs s'y sont enracinées.

Les merveilles de la greffe animale ne parviennent guère au public que sous forme de fantaisie littéraire ou de satire piquante. Nul doute, cependant, que la vérité nue ne présente aussi son mérite. Rassembler en ce genre les cas authentiques serait une longue entreprise et probablement l'intérêt d'un tel recueil serait peu soutenu. Le premier étonnement passé, le lecteur trouverait sans doute fastidieuse l'énumération de faits incohérents, dépourvus des déductions pratiques et même de ce lien théorique qui ouvre à l'esprit des inductions nouvelles.

C'est dans un pareil chaos qu'un physiologiste distingué, le docteur Bert, préparateur de M. Cl. Bernard au Collége de France, a voulu porter la lumière, la méthode et l'esprit vraiment scientifique.

GREFFES VÉGÉTALE ET ANIMALE

L'auteur se justifie d'abord du titre qu'il a donné à l'objet de ses recherches. Le nom de *Greffe animale* est-il bien applicable à ces opérations qui consistent à replacer sur un animal une partie qui lui a été retranchée ou qu'on a prise sur un autre? Assurément ce genre d'opération présente avec la greffe que l'on pratique sur les arbres une analogie qui frappe au premier abord. Mais si l'on approfondit la question, on verra que le mot de greffe animale est plutôt une expression métaphorique qu'une assimilation légitime de ce qu'on avait fait sur les végétaux à ce qu'on peut faire dans le règne animal.

Une courte comparaison des deux espèces de greffe va fixer le lecteur sur ce point.

Lorsqu'on a réussi à greffer sur un arbre un bourgeon détaché d'un autre, si l'on examine plus tard la structure des éléments végétaux au point de contact, le microscope montre qu'il y a indépendance anatomique de la partie greffée et de la plante nourricière. Il y a juxtaposition très-immédiate, mais non fusion complète. Ainsi, les *trachées* de l'un des végétaux ne viennent pas s'aboucher et se continuer avec celles de l'autre. La greffe vit sur l'arbre à la façon d'un parasite. Si d'ordinaire elle se développe en puissants rameaux, on la voit d'autrefois végéter quelque temps, puis s'étioler et mourir, tandis que le végétal qui la portait se développe et grandit.

Rien de pareil dans la greffe animale. Assurément la partie transplantée ne reprend pas toujours, mais, dès qu'elle a repris, elle suit la destinée de l'organisme sur lequel elle a été implantée et ne peut périr qu'avec lui. Les vaisseaux de la partie greffée se sont abouchés avec ceux de l'animal qui la porte; le même sang qui nourrit tous les organes alimente aussi la greffe, les nerfs reprennent leur continuité interrompue, enfin la sensibilité reparaissant dans la partie greffée vient la relier plus intimement encore au reste de l'organisme.

Du reste, l'organogénie végétale montre qu'il existe une différence capitale entre le bourgeon qui seul est apte à être greffé et le tissu animal qui peut se réappliquer et revivre. — Le bourgeon est un végétal en puissance ; il peut continuer à vivre autrement que par la greffe ; on en peut faire une marcotte ou une bouture ; c'est une sorte d'embryon végétal complet. — Une partie détachée du corps d'un animal vivant est fatalement vouée à périr, quoi qu'on fasse, à moins qu'un autre organisme vivant ne l'accepte et ne se l'assimile.

En signalant ces différences fondamentales, M. Bert a voulu prouver que c'est la crainte de créer un mot nouveau qui lui a fait accepter celui de greffe animale, dont l'imperfection est du reste fort insignifiante si l'on en définit bien le sens.

DÉFINITION DU SUJET

Mais quoi de plus difficile qu'une définition, surtout quand le sujet a par lui-même une grande étendue? De plus, dans le cas qui nous occupe, les limites sont difficiles à tracer. La greffe animale touche à certains points de la chirurgie réparatrice et peut revendiquer comme de son domaine l'*autoplastie* ou l'art de réparer les pertes de substances. D'autre part, elle s'étend jusqu'aux confins de la *tératologie*, cette branche de l'embryogénie qui étudie la production d'êtres monstrueux qui semblent souvent formés de deux individus soudés ensemble, on pourrait dire greffés l'un sur l'autre.

Dans ce vaste sujet, M. Bert s'est fait la part large, et, par une vue philosophique dont nous ne pouvons que louer la justesse, il rattache à la greffe tout rétablissement de connexions anatomiques détruites, tout transport de substance organisée d'un animal à un autre. Il y aurait donc véritable greffe liquide dans la transfusion du sang ; puisque ce sang, avec ses globules, éléments anatomiques définis, après avoir été séparé du corps, serait rentré dans l'organisme vivant.

LA GREFFE ANIMALE EN CHIRURGIE

Esquissons d'abord les procédés que les chirurgiens empruntent à la greffe animale et qui constituent une branche importante de l'art de guérir.

Dans certains cas, nous l'avons dit, il ne s'agit que de remettre en place une partie séparée du corps. Alors tout l'art se résume à bien adapter les surfaces et à imaginer quelque bandage contentif approprié à la circonstance; puis, la nature fait le reste. On croyait autrefois à la vertu de certains topiques, de lavages révivifiants; tous ces *baumes de fier-à-bras* ont fait leur temps. Les chirurgiens de nos jours ne recourent même au simple lavage des surfaces que lorsqu'il est absolument indispensable pour enlever les caillots sanguins ou les corps étrangers qui empêcheraient la réunion. Par ces procédés, des oreilles, des nez, des mentons, des pommettes, des dents, des doigts ont pu être ainsi restitués à leurs propriétaires légitimes, et parfois, dit-on, à quelque riche acquéreur; mais le temps est passé d'un pareil commerce.

Le plus souvent, le chirurgien se trouve en face d'une destruction d'organe qu'il doit réparer: d'une paupière absente, d'une bouche dont les lèvres ont été détruites par quelque gangrène ou tiraillées par quelque cicatrice. Ici c'est un nez qu'un ulcère a rongé; ailleurs, c'est une vaste fistule qui tourmente le malade et dont il faut oblitérer l'ouverture béante.

Le procédé que l'art va mettre en usage est différent du précédent. On n'a plus une pièce toute prête à réappliquer, mais, en revanche, celle qu'on façonnera sera dans des conditions infiniment préférables, et presque à coup sûr contractera des adhérences. Pour réaliser cette condition avantageuse, il faut laisser au lambeau qu'on réapplique un point d'attache avec le reste du corps. Ce pédicule laissé intact contient des vaisseaux, de sorte que le lambeau vivra encore de la vie commune, sinon dans l'abondance comme les tissus intacts, assez du moins pour ne pas périr en attendant la formation de nouveaux vaisseaux qui le mettront en communication avec son voisinage. Une fois la réunion obtenue, si la présence du pédicule cause une difformité, on peut le couper sans crainte, de sorte que l'opération aura été faite en *deux temps*.

Ces opérations, connues sous le nom d'*autoplasties*, sont une sorte d'intermédiaire entre la greffe proprement dite et la simple cicatrisation. Les procédés mis en usage varient à l'infini et dépendent des besoins à remplir. On les rattache toutefois à trois méthodes. — La première, due à Celse, est l'autoplastie par glisse-

ment. Une sorte de rideau de peau décollée et rendue libre par des incisions latérales est tiré au-devant de la perte de substance qu'il s'agit de combler. — Plus hardie, la méthode indienne ne conserve qu'un pédicule de peau et le tord sur lui-même. C'est ainsi que la peau du front se rabat sur la face pour y former un nez. — Enfin la méthode italienne va prendre à de grandes distances le lambeau réparateur, tout en le laissant adhérer par un point à son implantation première : ainsi, elle taille sur le bras la peau dont elle fera un nez. Mais il faut alors que le malade s'arme d'une longue patience et laisse maintenir son bras au contact du visage jusqu'à la cicatrisation.

CONCLUSIONS PHYSIOLOGIQUES

Pratiquées dans un but éminemment utilitaire, ces opérations n'en ont pas moins fourni leur contingent à la physiologie. Elles nous ont appris d'abord comment s'établissent des connexions nouvelles et comment des vaisseaux se formant dans les points de contact viennent, à travers la cicatrice, alimenter la partie greffée. En montrant qu'un doigt coupé en entier recouvre non-seulement la circulation du sang, sa couleur et sa chaleur normale, mais qu'il reprend aussi sa sensibilité, les greffes chirurgicales ont prouvé à l'évidence que la continuité des nerfs se rétablit souvent comme celle des vaisseaux. Mais ce point, contesté par quelques chirurgiens, avait besoin d'être démontré par les physiologistes ; on verra plus tard comment MM. Vulpian et Philipeaux ont fourni surabondamment cette démonstration.

Des phénomènes non moins curieux sont les transformations que subissent ultérieurement les parties transplantées. Qu'un morceau de peau soit employé à réparer les lèvres absentes, il se pliera tellement à la nouvelle destination qu'il passera à l'état de membrane muqueuse dans tous les points où il sera en rapport avec la cavité bucale. Réciproquement, une membrane muqueuse amenée au dehors deviendra une véritable peau. Ces faits fournissent une confirmation matérielle des vues de philosophie anatomique, d'après lesquelles on considère le tégument comme partout continu à lui-même et se transformant en muqueux dans les cavités du corps, sous la double influence de l'humidité de surface et de leur contact permanent. Hébréard cite un idiot qui se tenait

constamment les genoux fléchis et dont la peau des jarrets était devenue une vraie muqueuse.

Les chirurgiens ont vu aussi que le tissu musculaire transplanté disparaît souvent et semble être résorbé. Le périoste, au contraire, cette membrane fibreuse et vasculaire qni enveloppe les os, possède la singulière propriété de reproduire de l'os par sa face profonde, de sorte qu'en ajustant des lambeaux de périoste pris au voisinage, MM. Ollier et Nélaton ont pu créer une base osseuse à des nez réparés; d'autre part, M. Langenbœck a rétabli la partie osseuse de la voûte du palais dont il obturait la perforation.

II

GREFFE PHYSIOLOGIQUE

Parallèlement à ces expériences pratiques, il s'en faisait d'autres non moins ardemment conduites et dont le but le plus immédiat était la science même et le désir de résoudre des problèmes physiologiques du genre de ceux-ci. — Quelles sont les connexions nouvelles qui s'établissent entre la greffe et le sujet qui la reçoit? La greffe est-elle possible entre animaux d'espèces différentes? La région à laquelle on emprunte la partie greffée et celle où on l'implante ont-elles quelque importance pour le succès de l'opération? Quelles modifications subit la partie greffée lorsqu'elle a contracté de nouvelles adhérences? Enfin quelles sont en général les conditions favorables ou défavorables au succès de la greffe? On pourrait multiplier à l'infini les problèmes que soulève cette question ; nous ne citons que quelques-uns des plus importants, ceux dont la solution pourra fournir à la chirurgie des inductions nouvelles.

GREFFE SIAMOISE

Une curieuse expérience est celle par laquelle M. Bert a produit la soudure entre deux animaux. L'auteur appelle ce genre de greffe *siamoise*, car son résultat rappelle assez bien ces deux jumeaux monstrueux soudés l'un à l'autre, et qui, sous le nom de frères Siamois, ont excité en Europe une si vive curiosité.

Deux rats blancs, âgés de 15 jours, furent greffés l'un à l'autre

par la partie latérale du corps. Pour cela, une plaie fut faite à la peau ; puis, une suture réunit d'un rat à l'autre les lèvres de cette plaie mitoyenne ; enfin un bandage maintint l'un contre l'autre ces deux animaux naturellement fort indociles, si bien que, au bout de six jours, ils étaient solidement unis par la cicatrice et qu'on put les abandonner à eux-mêmes.

Il s'agissait de savoir s'il s'était fait entre ces deux animaux un échange de vaisseaux suffisant pour établir entre eux une solidarité fonctionnelle. Dans ce but, M. Bert injecta sous la peau d'un des rats une solution alcoolique de 3 centigrammes d'atropine. On sait que cet alcaloïde, extrait de la belladone, possède à un haut degré la propriété de faire dilater la pupille ; or, au bout d'une demi-heure, l'animal qui n'avait pas reçu l'injection présenta une notable dilatation de ses pupilles. On avait soigneusement empêché tout contact direct entre le second rat et la substance injectée au premier. C'était donc par la communication des deux sangs que l'atropine était passée d'un animal dans l'autre. Quelques jours après, l'expérience fut répétée en alternant le rôle des deux rats. Dans ce cas, comme dans le précédent, la dilatation pupillaire se produisit même chez celui qui n'avait pas reçu l'atropine.

La communication des vaisseaux des deux animaux semblait donc physiologiquement démontrée. Mais on pourrait objecter que la substance toxique a passé d'un animal à l'autre par la simple imbibition de la cicatrice commune. M. Bert a constaté plus directement la communication vasculaire. Après la mort des deux rats, il injecta les artères de l'un d'eux et vit la matière de l'injection passer dans les vaisseaux de l'autre.

Des greffes siamoises furent faites dans d'autres conditions ; on ouvrit l'abdomen des deux rats, de façon que les intestins de l'un touchaient à ceux de l'autre : l'opération réussit également.

Entre animaux d'espèces voisines, la greffe siamoise a réussi : un rat blanc, *Mus rattus*, fut soudé à un surmulot, *Mus decumanus*. Un autre rat blanc à un rat de Barbarie, *Mus striatus*. Mais l'expérience échoua entre le rat et le cochon d'Inde. Peut-être faut-il en accuser principalement la nature brusque, indocile et farouche de ce dernier animal, qui, dans l'expérience que nous citons, vécut en fort mauvaise intelligence avec le rat et l'étouffa le troisième jour. D'une façon générale, M. Bert a toujours remarqué que deux rats greffés l'un à l'autre se prenaient d'une

aversion qui croît avec l'âge. Au bout de deux mois au plus, il faut les séparer ; ils s'entre-dévoreraient. Les frères Siamois avaient, dit-on, une grande affection l'un pour l'autre ; nous le constatons à l'honneur de l'espèce humaine et en dépit des inductions qu'on pourrait tirer de la physiologie comparée.

Après ces tentatives sur les rongeurs, M. Bert franchit hardiment un grand intervalle dans la série zoologique : il tenta de greffer l'un à l'autre deux animaux d'espèces fort éloignées : un rongeur et un carnassier, un rat et un chat ! Six fois la greffe fut essayée, malgré le surcroît de difficultés qu'elle présentait. Il ne s'agit plus seulement ici d'une opération laborieuse ; il ne suffit pas d'une grande adresse dans la confection des bandages contentifs, il faut aux animaux opérés des soins incessants et une surveillance constante ; car on doit les prendre tout jeunes, et la chatte qui nourrit son petit voit d'un assez mauvais œil le compagnon qu'on lui impose. Enfin M. Bert nous apprend lui-même que l'expérimentateur doit se défier de sa propre impatience et ne pas céder au désir de contempler trop tôt une soudure lente à se former. Au bout de six jours il put constater des adhérences assez fortes entre les deux animaux pour que, en l'absence de tout bandage, le rat fût dans l'impossibilité de se séparer du chat. Ces adhérences n'existaient pas entre les peaux des deux animaux. Elles se faisaient par les parties profondes et cédèrent à des tractions plus fortes. La séparation des siamois s'accompagna d'écoulement de sang de part et d'autre. Pendant que les animaux étaient greffés, l'expérience par l'atropine fut pratiquée, et l'injection faite au chat amena au bout de quatre heures une notable dilatation des pupilles du rat. Ces résultats, bien qu'incomplets, n'en sont pas moins encourageants et prouvent que très-vraisemblablement la greffe est possible entre animaux d'espèces fort éloignées.

Les greffes dans lesquelles une partie seulement d'un animal fut transplantée sur un autre, sont bien plus nombreuses ; on a opéré ainsi sur un grand nombre de tissus. Tantôt le transport s'est effectué entre animaux de même espèce, tantôt on a choisi des espèces différentes.

La peau est en général difficile à greffer ; cependant on cite des exemples de succès. On raconte que deux jeunes Suédois, en témoignage d'affection inaltérable, échangèrent un morceau de la

peau du bras. Cette greffe sentimentale réussit de part et d'autre. Carpue a vu à Londres l'un des deux amis et a constaté l'existence de la cicatrice. Wiesmann a réussi sur des animaux. Dieffembach, sur trois lapins, obtint l'adhérence des lambeaux de peaux transplantés. Dans toutes les autres expériences, on n'eut que des insuccès.

Des poils ont été greffés par Dieffembach et par Wiesmann. Ce dernier opérait sur sa propre peau ; il expérimentait aussi sur quelques-uns de ses amis. M. Bert n'a jamais réussi dans des expériences faites sur des rats, ce qui le porte à croire que les autres expérimentateurs ont pu se tromper et considérer comme greffés des poils simplement retenus par la rétraction de la peau. Peut-être y a-t-il là un excès de défiance. Toujours est-il qu'un chirurgien voulant mettre la dernière main à son œuvre et transplanter des cils au bord d'une paupière qu'il avait refaite, échoua dans sa tentative. Les plumes se comportent comme les poils ; Dieffembach dit s'être implanté sur le bras gauche une plume de poulet. D'après Wiesmann, les plumes ainsi greffées continuent à croître, mais avec plus de lenteur. En présence de cette assertion, on ne peut guère admettre d'illusion de la part de ces auteurs ; il faudrait pour douter suspecter leur bonne foi.

Les dents se replacent dans leurs alvéoles. L'illustre J. Hunter, qui a préconisé cette opération, a démontré aussi par l'injection des vaisseaux que la dent transplantée avait repris ses connexions vasculaires normales. Du reste, dès le temps d'Ambroise Paré, cette opération se pratiquait ; les dents se transplantaient même d'une bouche à l'autre. Nos mœurs actuelles ont restreint ces opérations à la remise en place d'une dent accidentellement chassée de son alvéole. Si la greffe réussit, la dent conserve sa transparence normale.

L'expérience par laquelle J. Hunter greffa sur la crête d'un coq l'ergot d'un autre coq, est connue de tout le monde ; les montreurs de curiosités se sont même chargés de la vulgariser dans les spectacles forains. Ce qui est plus curieux dans ses effets, c'est le transport de l'ergot d'une poule à la place de celui d'un coq. Dans cette expérience, Hunter a vu[1] l'ergot de poule, qui fût resté petit s'il n'eût quitté sa place, prendre sur le coq ce déve-

[1] J. Hunter, *Œuvres complètes*, t. III, p. 309.

loppement considérable qui, chez les gallinacés, est l'attribut du sexe fort.

Le tissu osseux se transplante. Merrem, Walther et Flourens en ont donné la démonstration expérimentale. On enlevait à un animal une rondelle des os du crâne au moyen du trépan, et on l'appliquait à un autre animal sur lequel elle se rétablissait. M. Ollier a réussi trois fois à remplacer chez un lapin un os par l'os semblable emprunté à un autre. La chirurgie a utilisé cette propriété que possède l'os de se greffer assez facilement. Walther a osé greffer ainsi un morceau de crâne humain : il prétend avoir réussi, mais au prix d'une suppuration de trois mois. Comme la perte d'une partie du crâne n'est pas incompatible avec la vie, les médecins de notre époque proscrivent de telles tentatives qui exposent trop à produire une inflammation dans le voisinage du cerveau. Avec des animaux d'espèces différentes, la greffe osseuse a toujours échoué entre les mains de M. Ollier. Job. van Meeckern s'est montré peu sceptique en nous racontant qu'un seigneur russe, qui avait eu un morceau du crâne enlevé d'un coup de sabre, fut guéri par un chirurgien qui lui greffa un morceau de crâne de chien. Mais cette greffe immonde attira sur le Russe les foudres de l'excommunication, et le malheureux dut se faire retrancher le bestial fragment.

Les expériences citées précédemment avaient pour but principal de rechercher ce qui est possible et ce qui ne l'est pas en fait de greffe animale. Assurément les tentatives faites dans cette voie devront être multipliées : la physiologie est loin d'avoir dit son dernier mot. Déjà, toutefois, elle a jeté sur ce sujet quelques lumières qui guideront la chirurgie, l'enhardiront parfois, et plus souvent peut-être la détourneront d'entreprises téméraires. Nous allons raconter des recherches d'un autre genre, moins utilitaires dans leurs tendances, mais plus curieuses pour le physiologiste.

III

GREFFE NERVEUSE

La greffe nerveuse est une des plus intéressantes qui aient été tentées. MM. Philipeaux et Vulpian ont détaché un morceau de

nerf sur un animal et l'ont transporté dans un autre point. La cicatrice s'est faite, et le nerf transplanté a été accepté par les tissus au milieu desquels on l'avait introduit. Mais le point curieux à observer, c'est la singulière transformation que subit ce morceau de nerf. Il commence par dégénérer, par perdre l'apparence qu'il présente normalement au microscope, c'est-à-dire que les tubes nerveux s'altèrent et disparaissent; mais si ce nerf a été mis en rapport avec les extrémités d'un autre nerf coupé, il contracte avec elles des adhérences, et, après avoir traversé la phase de dégénérescence dont nous avons parlé, il reprend graduellement sa structure première, de sorte que l'examen microscopique, fait au bout de quelques mois, montre la réapparition des tubes nerveux. On conçoit la difficulté de pareilles expériences, qui nécessitent un temps fort long pour qu'on puisse assister aux phases successives de la transformation du nerf. Les physiologistes que nous venons de citer ont été largement payés de leurs peines, car ils ont pu constater un singulier phénomène qui se produit lorsqu'on soude l'un à l'autre des nerfs de nature différente, un nerf sensitif avec un nerf moteur.

On sait qu'il existe deux espèces de filets nerveux dont les uns président au mouvement et font contracter les muscles, tandis que les autres sont exclusivement affectés à la sensibilité. Lorsqu'un de ces filets est isolé et soumis à l'excitation électrique, si c'est un nerf moteur, on voit se contracter le muscle auquel il se rend ; si le nerf est sensitif, l'animal donne des signes de douleur, mais aucun muscle ne se contracte sous l'influence de l'électricité. Dans ces cas, on admet théoriquement un courant nerveux qui parcourt le nerf. Ce courant irait du centre à la périphérie pour les nerfs moteurs, de sorte que, du cerveau qui ordonne au muscle qui obéit, il traverserait une suite non interrompue de cordons nerveux, cheminant à la façon de l'électricité dans le fil d'un télégraphe. Pour les nerfs sensitifs, le courant suivrait la direction inverse, et porterait la sensation développée en un point du corps au cerveau qui la perçoit. Or, il existe dans la langue des nerfs bien connus, l'un sensitif, l'autre moteur. Ces nerfs passent assez près l'un de l'autre pour qu'on puisse réaliser l'expérience suivante. On coupe les deux nerfs à la fois, puis on réunit le bout supérieur du nerf sensitif avec le bout inférieur du nerf moteur. Qu'arrivera-t-il alors? Pendant les premiers

temps la communication nerveuse est interrompue, le fil électrique est coupé, et la langue est paralysée du mouvement. Mais lorsque les nerfs ont repris leur communication, le mouvement reparaît si l'on électrise la partie du nerf sensitif qui s'est unie au nerf moteur. Ce nerf a donc changé de rôle dans la transmission du courant nerveux. Normalement sensitif, il semblait ne devoir transmettre son action que de la périphérie au centre, et voici qu'il agit dans une direction opposée. Assurément ces résultats ne pouvaient être prévus, d'après ce que l'on savait de la fonction des nerfs. Ces expériences semblent appelées à modifier beaucoup la physiologie du système nerveux.

Un autre fait important de la physiologie des nerfs est mis en lumière par la greffe animale : c'est le rôle de l'habitude dans l'appréciation des contacts extérieurs. Chacun de nous sait bien distinguer en quel point du corps il ressent une piqûre, un chatouillement, un contact. Eh bien, cette appréciation exacte ne serait chez nous qu'un effet d'une sorte d'éducation, éducation que nous aurions faite dans les premiers temps de l'existence. On peut trouver une preuve à l'appui de cette thèse dans l'expérience banale qui consiste à tenir l'index et le médius croisés l'un sur l'autre, et à placer les extrémités de ces doigts sur le bout du nez. On sent alors distinctement deux nez, parce que les faces des doigts, qui sont en contact avec cet organe, sont habituées à ne percevoir à la fois que le contact de deux objets différents. Dans la restauration du nez au moyen de la peau du front, on voit, dans les premiers temps, les malades se gratter le front, si l'on chatouille le bout de leur nez novice ; mais peu à peu l'éducation de la sensibilité se refait, et en même temps revient la notion exacte du siége du chatouillement. — Chez les animaux aussi, M. Bert a observé la même influence de l'éducation du tact. Il greffa la queue d'un rat sur le dos du même animal, en l'y implantant par sa pointe, tandis que la base était dressée en l'air. Après la cicatrisation, la queue resta longtemps insensible ; les communications nerveuses ne s'étaient pas encore rétablies. Au bout de quelques mois, l'animal manifestait de la douleur lorsqu'on pinçait cette queue, ce qui prouvait que les nerfs s'étaient mis en communication, et de plus, que la sensibilité voyageait dans leur intérieur en sens inverse de sa direction ordinaire, c'est-à-dire qu'elle allait de la base à la pointe de l'organe.

A ce moment, le rat, pour se défendre, cherchait à mordre; or ses tentatives s'adressaient non pas au point excité, mais à la région de la peau du dos où la greffe avait été pratiquée. Peu à peu le rat s'habitua à reconnaître le point réel où il était pincé, et défendit sans se tromper l'extrémité libre de sa queue transplantée.

Il serait curieux d'étudier les phénomènes du même ordre sur les nerfs du mouvement. Tout semble prouver qu'une éducation analogue se fait pour les nerfs moteurs. La gaucherie du jeune enfant ou du jeune animal disparaît graduellement sous l'influence d'une éducation instinctive. Ne voit-on pas certains individus s'apprendre à exécuter avec leurs doigts, leurs yeux, leurs oreilles, des mouvements que pendant longtemps ils n'ont pas su produire volontairement?

SURVIE DES PARTIES GREFFÉES

En greffant sur un animal un organe emprunté à un très-jeune sujet, on observe l'accroissement de la partie transplantée. M. Bert a fait sur ce point de nombreuses expériences; le procédé le plus simple consiste à prendre un morceau de la queue d'un jeune rat, à écorcher cette partie et à l'introduire sous la peau d'un autre rat par une petite ouverture. Le morceau de queue adhère bientôt, reçoit des vaisseaux du voisinage et se développe presque aussi rapidement que s'il fût resté à sa place. Une queue de deux centimètres et demi, prise sur un très-jeune rat, avait atteint sous la peau d'un autre la longueur de neuf centimètres au bout de quatre mois; c'est presque le développement normal. On peut fracturer à travers la peau ces queues transplantées; elles se consolident parfaitement. Enfin, au bout d'un temps assez long, si l'on extrait la queue greffée de dessous la peau, on voit qu'elle avait contracté avec le voisinage de riches connexions vasculaires. On reconnaît que tous les éléments musculaires qu'elle renfermait au moment de la greffe ont disparu. Le muscle, en effet, n'existe qu'autant qu'il agit, et s'il se développe par l'exercice, il dégénère et disparaît sous l'influence de l'immobilité. Enfin, le squelette de la queue greffée qui se développe ainsi que nous l'avons vu, présente une particularité intéressante C'est l'absence des saillies osseuses sur lesquelles le

muscles prennent leurs insertions. Ce fait concorde avec ce que l'on savait déjà : que c'est l'action musculaire elle-même qui produit le développement plus ou moins prononcé de ces saillies osseuses. L'humérus d'un athlète est couvert de ces aspérités qui sont à peine marquées chez l'homme dont les muscles n'ont jamais travaillé. De sorte que dans les amas d'ossements des catacombes, on peut encore à l'inspection de certains os reconnaître les travailleurs et les oisifs des générations disparues.

Les greffes sous-cutanées ne réussissent qu'entre animaux de même espèce, ou d'espèces extrêmement voisines (rat blanc et surmulot, rat blanc et mulot) ; si l'on franchit un plus grand intervalle zoologique, tantôt la partie transplantée disparaît peu à peu par résorption, tantôt elle excite autour d'elle une inflammation violente et s'élimine par un abcès. Peut-être un jour le succès ou l'insuccès de la greffe sous-cutanée entre deux individus permettra-t-il d'établir, relativement aux espèces animales, des démarcations plus naturelles que celles qui existent aujourd'hui. Nous arrivons au point le plus intéressant par les considérations qui s'y rattachent.

ACCROISSEMENT DES PARTIES GREFFÉES

Dans le parallèle que nous établissions entre la greffe animale et la greffe végétale, nous disions, au commencement de cet article, que toute partie d'un animal qui a été détachée du corps est fatalement vouée à la destruction, à moins que par la greffe on ne la remette en connexion vasculaire avec un organisme vivant. Il faut à ce sujet faire des réserves. Sans parler des polypes et d'autres animaux inférieurs qu'on peut couper en morceaux sans les détruire et dont chaque partie se complète pour former un individu nouveau, on peut affirmer qu'une partie détachée du corps d'un animal conserve quelque temps sa vie individuelle. La preuve qu'il en est ainsi, c'est que cette partie n'est susceptible d'être greffée que pendant un certain temps au delà duquel elle se putréfie et n'est plus qu'un fragment de cadavre qu'aucune tentative de greffe ne parviendra à rendre à la vie. Qu'est-ce que cette vie partielle ? Combien de temps peut-elle subsister ? Telles sont les questions nouvelles que la physiologie se pose en face des expériences dont nous avons parlé. M. Ollier, dans ses re-

marquables recherches sur la fonction ostéogénique du périoste, avait déjà remarqué qu'un lambeau périostique pris sur un lapin mort depuis vingt-quatre heures était encore susceptible d'être greffé sur un autre lapin. Bien plus, ce tissu gardait sa propriété de donner naissance à un os nouveau. Il avait donc pu conserver, après ce qu'on appelle la mort de l'animal, sa vie individuelle et ses propriétés spéciales.

M. Vulpian a constaté des cas de survie bien plus étonnants encore dans des parties séparées d'un animal. Il a coupé la queue à des têtards de grenouilles encore contenus dans l'œuf, et il a vu ces queues vivre encore pendant dix jours [1]. Dans ces organes, la vie s'accusait non-seulement par les mouvements qui se produisaient sous l'influence d'une excitation, mais on vit encore ces queues continuer à s'accroître et à s'organiser. Des vaisseaux nouveaux s'y formèrent; les muscles qui les constituaient se perfectionnèrent. En un mot, ces queues détachées de l'animal continuèrent à présenter leur développement normal. Quand on songe que ces parties séparées de l'appareil digestif ne pouvaient puiser de nouveaux matériaux pour leur développement ultérieur et que c'est aux dépens de leur propre substance qu'elles continuaient à s'accroître, il faut bien admettre qu'elles portaient en elles une forte dose de ce principe immatériel qu'on appelle vital. Si l'on veut séparer ce principe des propriétés que la matière organisée possède, il ne faut plus chercher à le localiser dans les centres nerveux ou quelque part ailleurs, car ces queues de têtards en avaient évidemment en eux une partie. Les expériences de M. Bert montrent qu'il en est ainsi même chez des animaux d'ordre supérieur (des mammifères), chez qui la centralisation des fonctions avait pu faire supposer une concentration du principe vital que les uns plaçaient dans le cœur, d'autres dans le cerveau: il n'en est évidemment rien, et la queue d'un rat possède, comme le fait remarquer M. Bert, le principe prédestinateur de sa forme, son patron idéal, selon l'expression du physiologiste Dugès: car, si elle était jeune au moment de la greffe, elle continue à grandir, et se développe, ainsi que nous l'avons dit, suivant ses lois normales. Au reste, chez l'homme aussi les doigts, les nez et les oreilles qui ont pu être remis en place devaient contenir leur parcelle de prin-

[1] *Compte rendu de la Société de Biologie*, avril 1859.

cipe vital qui, dans le cas cité par Garengeot, a fait preuve d'une persistance assez opiniâtre.

On sait la singulière propriété que certains animaux, les rotifères, les tardigrades et les anguillules, possèdent de revivre après avoir été desséchés ; il suffit pour cela de leur rendre lentement le liquide qui leur avait été enlevé. M. Edmond About a spirituellement exploité cette thèse physiologique dans son roman l'*Homme à l'oreille cassée.* Le hardi romancier ne se doutait pas alors qu'on retrouverait cette singulière aptitude à revivre dans les tissus d'animaux bien supérieurs dans l'échelle zoologique. Les queues de rats la possèdent à un haut degré. Voici l'histoire d'une greffe plus surprenante à coup sûr que toutes celles dont nous avons parlé. M. Bert coupa la queue d'un rat ; il la mit sécher dans le vide de la machine pneumatique et dans le voisinage d'acide sulfurique concentré, afin de lui enlever toute l'humidité qu'elle pouvait contenir. Puis, il la plaça dans un tube de verre et pendant cinq jours l'y laissa enfermée. Au bout de ce temps, il la soumit pendant plusieurs heures à une température de 98° centigrades, dans une étuve sèche, puis il la remit pendant quatre jours dans son tube. Enfin, jugeant l'épreuve suffisante, il greffa sur un autre rat cette véritable momie animale. Le succès fut complet. La greffe reprit si bien que, trois mois après, des vaisseaux, démontrables par l'injection, s'étaient formés dans la partie greffée, absolument comme si elle eût été transplantée toute fraîche d'un animal sur un autre.

On voit dans quelle phase nouvelle entre la question de la greffe animale. Aujourd'hui, M. Bert s'attache tout particulièrement à l'étude des conditions de survie d'une partie séparée du corps, cherchant quelles causes la prolongent ou l'abrégent. Il a vu la greffe réussir pour les queues de rat, après la séparation du corps depuis 1, 2, 3 et même 8 jours, la température ne s'élevant pas au-dessus de 12° ; si elle atteint 30°, la vie s'use, s'épuise au bout d'un temps beaucoup plus court (un jour au plus) ; il a vu ces organes résister à l'action d'une chaleur de 55°, ou d'un froid de 18° au-dessous de zéro, — à l'immersion pendant plusieurs heures dans l'eau, dans des solutions sucrées, salées, alcooliques, etc., de titres divers, — à l'exposition prolongée durant plus d'une journée dans des gaz comme l'oxygène, l'azote, l'hydrogène, l'acide carbonique : il a constaté que l'action des acides

même très-dilués est beaucoup plus redoutable pour la vie de ces organes que celle des alcalis en solution plus concentrée, etc... A un autre point de vue, il a montré que les organes ainsi soumis à l'influence de modificateurs énergiques sont frappés de maladies diverses. En sacrifiant alors, à diverses époques, l'animal qui porte la greffe, il a pu suivre la marche de ces lésions, et il espère pouvoir rendre dans cette voie des services notables à la médecine, en lui permettant d'exciter ainsi à volonté certaines maladies, et d'étudier aisément leurs phases d'évolution. Nous ne saurions entrer ici dans le détail de tous ces faits curieux; qu'il nous suffise de les avoir indiqués, et d'ajouter que si le talent et la persévérance sont des garanties de succès, nous aurons sans doute sur ce point de nouvelles découvertes à signaler à nos lecteurs.

J Marey.

ANTHROPOLOGIE

L'HOMME AVANT L'HISTOIRE[1]

Parmi les grands problèmes dont les solutions sont l'objet des recherches de la science, *l'apparition de la vie sur la terre* est certainement un de ceux qui ont le plus frappé les esprits, mais il les a toujours frappés en vain et d'un stérile étonnement.

Si la géologie a soulevé un coin du voile qui cache le mystère de la création, pour nous représenter les imposantes scènes de l'enfantement de la terre, en nous montrant d'abord dans un lointain obscur, à travers des milliers de siècles, comment une masse incandescente s'est refroidie, puis peuplée de végétaux et d'animaux ; si elle nous a appris que des révolutions séculaires ont fait disparaître l'une après l'autre ces ébauches premières de la création ; si elle a fait passer devant nous la suite des êtres qui ont peuplé le globe, elle ne nous dit rien sur la cause de leur production, de leurs transformations successives ; en un mot, elle déroule à nos yeux la longue chaîne de la création, sans nous dire comment en sont soudés les anneaux.

Quelle est la loi qui a dirigé la marche progressive suivie par les êtres vivants depuis le coquillage jusqu'au mammifère? Comment l'homme a-t-il succédé aux animaux qui ont animé avant lui la surface du globe, quelle force inconnue a présidé à sa nais-

[1] Sir Ch. Lyell, *l'Ancienneté de l'Homme*. — Vogt, *Leçons sur l'Homme*. — Troyon, *les Cités lacustres*. — Laugel, *l'Homme primitif*. — E. Reclus, *Un Peuple retrouvé* (*Revue des Deux-Mondes*). — *Cours d'anthropologie, de M. de Quatrefages*, Leçon sur *l'homme fossile*. M. Joly (*Revue des cours scientifiques*).

sance? Nous l'ignorons. Mais à côté de ces questions, pour longtemps encore insolubles, s'en trouve une autre, qui, basée sur l'observation des faits, peut être envisagée avec plus de confiance; elle touche à ce qu'il y a de plus élevé dans l'étude de la philosophie naturelle et c'est à juste titre qu'elle a préoccupé le monde savant tout entier.

L'antiquité de l'homme est un de ces problèmes que les siècles passés nous ont légués sans pouvoir les résoudre et qui tiennent en éveil tous les esprits. La grande famille humaine a-t-elle seulement compté quelques milliers de siècles depuis le jour de son apparition sur le globe, ou faut-il au contraire, pour chercher la date de sa naissance, pénétrer bien plus loin dans les profondeurs du passé, en remontant le cours des âges géologiques jusqu'à l'époque des grands pachydermes de la période quaternaire? C'est à quoi nous allons essayer de répondre en exposant toutes les phases d'un procès dont la cause n'est pas encore gagnée. Nous signalerons d'abord les faits pour les interpréter postérieurement, nous partagerons le sujet en deux grandes divisions, le connu et l'inconnu, et nous tracerons ainsi la carte de cette partie du domaine de la science qui, elle aussi, a ses terres désertes et ses terres cultivées.

Les découvertes paléontologiques récentes ont soulevé la question religieuse à côté de la question scientifique et certaines consciences timorées ont redouté les résultats de telles investigations; mais la science ne doit pas se préoccuper de ces esprits exaltés dont les craintes veulent assigner des limites à ses conquêtes; son rôle est d'étudier les faits sans chercher s'ils sont en désaccord avec des faits d'un autre ordre, ou s'ils peuvent y être reliés. La terre tournant autour du soleil malgré l'inquisition, la géologie créée en dépit du sourire de Voltaire, prouvent assez que ce n'est jamais la vérité qui succombe et qu'une ardeur biblique mal entendue, pas plus qu'un scepticisme outré, n'empêcheront la science d'éclairer les premières scènes qui ont suivi la naissance de l'humanité.

I

L'HOMME A-T-IL ÉTÉ CONTEMPORAIN DES MAMMIFÈRES DE L'ÉPOQUE QUATERNAIRE ?

Le sphéroïde terrestre et l'époque quaternaire.— Le problème de l'homme fossile.— Découvertes du siècle dernier. — Les cavernes à ossements. — Leur formation. — Leur contenu. — Argile à ossements. — Schmerling et les cavernes des environs de Liége. — Cavernes de Lherme. — Grotte d'Arcy. — Caverne d'Aurignac. — Les cavernes ne nous démontrent pas que l'homme ait vécu avec les animaux de l'époque quaternaire. — Les débris de l'industrie humaine et les haches en silex ne nous fournissent pas non plus de preuves à l'appui de ce fait. — Les silex du grand Pressigny. — Les antiquaires et les pierres à fusil.

Quand le sphéroïde terrestre, d'abord à l'état incandescent, s'est refroidi, une première croûte solide s'est produite à sa surface et les vapeurs qui saturaient son atmosphère se sont condensées pour donner naissance à l'Océan. Les terrains *primordiaux*, les terrains *de transition* se sont d'abord déposés au sein de ces mers primitives, pour être successivement remplacés par les terrains *secondaires*, *tertiaires*, *quaternaires*, formant de bas en haut des couches superposées comme les pages d'un grand livre. En feuilletant toutes ces pages, en interrogeant les débris qu'elles recèlent, nous apprenons que les terrains *plutoniens*, dus à l'action des feux souterrains ne contiennent pas de traces de produits organiques et que les terrains *neptuniens*, au contraire, formés au sein des eaux, renferment de nombreux vestiges des mondes vivants qui les ont autrefois animés.

A mesure que nous nous approchons de la période contemporaine, les caractères des espèces vivantes se rapprochent davantage de celles qui couvrent actuellement la superficie du globe. Au commencement de l'époque quaternaire, nous voyons prendre naissance à toute une nouvelle série d'animaux dont le plus grand nombre offre des analogies frappantes avec les espèces modernes et dont quelques-unes leur sont en tout point identiques.

C'est alors qu'apparaissent : l'ours des cavernes (*Ursus spelœus*), la hyène des cavernes (*Hyena spelœa*), le lion des cavernes (*Felis spelœa*), le Mammouth ou éléphant velu (*Elephas primigenius*), le cerf à grand bois (*Megaceros hibernicus*), le rhinocéros à narines cloisonnées (*Rinoceros tichorhinus*), le renne (*Cervus tarandus*), l'aurochs (*Bison Europœus*), le cerf élaphe (*Cervus

elaphus), l'urus ou bœuf primitif (*Bos primigenius*), le grand chat (*Felis antiqua*), le daim gigantesque (*Cervus somnonensis*), le cheval fossile (*Equus fossilis*), quelques rongeurs (*Trogontherium Cuvieri, Lepus dilivianus, Sciurus priscus*), et un petit nombre d'autres espèces qui peuplent aujourd'hui nos continents.

Les animaux de cette période quaternaire n'ont pas tardé à être, en partie, les victimes des plus effroyables bouleversements. Des inondations produites par les mouvements du sol[1], par le soulèvement des Alpes et par d'autres causes sans doute plus terribles encore, balayèrent une partie de l'Europe en dévastant la faune existante. L'ours et l'hyène des cavernes ont été entre autres engloutis dans ce naufrage causé par cette période *diluvienne*.

Cette phase de déluges a été remplacée par une période de refroidissement qui se signale par la formation d'énormes glaciers; c'est la période *glaciaire* qui a fait disparaître encore quelques espèces vivantes.

La période moderne vient ensuite et se continue jusqu'à nos jours.

Après ces indispensables préliminaires nous pouvons spécifier le problème de l'homme fossile et aborder la discussion de sa solution. L'homme a-t-il vécu avec l'ours et l'hyène des cavernes, ou bien sa naissance date-t-elle de la période glaciaire, ou bien enfin est-ce seulement au moment où le globe est entré dans les conditions actuelles qu'apparaît la famille humaine?

L'homme fossile a souvent été dans le courant des siècles derniers l'objet des plus vives discussions, et certains naturalistes théologiens qui voulaient assujettir la nature à leurs théories anticipées, firent tous leurs efforts pour ravir aux entrailles de la terre des vestiges d'ossements humains ayant appartenu à des contemporains du déluge. On connaît la découverte devenue célèbre de Scheuchzer qui, fouillant en Suisse la carrière d'Œningen, en retira les fragments d'un squelette auquel il donna le nom pompeux de *homo dulivii testis*. L'ardeur de cet antiquaire fut sans limite, et son enthousiasme fut tel, que l'*homme témoin du*

[1] Voyez Quatrième année de l'Annuaire : les *Systèmes des montagnes*, par Reitop. Troisième année : les *Derniers tremblements de terre*, par W. de Fonvielle.

déluge devint une précieuse relique, objet de l'admiration générale.

Cuvier, moins crédule et plus observateur, devait un peu plus tard dissiper ces prestiges. Il gratta la pierre où était enchâssé le fossile et mit à nu les pattes d'une salamandre dont la tête avait été prise pour les os de hanches humaines.

Ce témoin du déluge était un gigantesque batracien.

En 1774, Esper trouva dans une caverne célèbre, celle de Gaileureuth en Bavière, des ossements humains amoncelés pêle-mêle avec des débris d'ours et de quelques autres mammifères fossiles. Des armes en silex étaient réunies à ces objets ; mais on conclut, après un examen sans doute précipité, que ces vestiges de l'industrie humaine avaient été associés à des ossements plus anciens, à une époque postérieure à la formation du terrain constitutif de cette contrée. En 1797, en 1823, de nouvelles découvertes allaient être l'objet de nouvelles discussions ; mais, c'est depuis quelques années surtout que les faits se multiplient chaque jour, et l'ensemble des ossements qui revoient la lumière après avoir été ensevelis pendant des milliers d'années, constitue un véritable arsenal où les géologues vont chercher des armes à l'appui de leurs théories.

Les cavernes souterraines que l'on rencontre à des hauteurs très-diverses dans le sein de la terre, forment de véritables musées naturels où sont amoncelés ces précieux vestiges des mondes anéantis. Les dépôts superficiels du sol connus sous le nom de *diluvium*, le fond des lacs à la surface desquels habitaient certains peuples dont l'histoire se perd dans les ténèbres du passé, les rivages même de quelques mers, nous offrent encore de nombreux matériaux du même genre.

Les cavernes à ossements qui renferment souvent, comme on l'a constaté, des ossements humains ou des objets travaillés par l'homme, associés à des restes d'espèces perdues d'hyène, d'ours, d'éléphant ou de rhinocéros, firent depuis longtemps soupçonner que l'apparition de l'homme sur le globe devait être rejetée bien plus loin dans le passé qu'on ne l'avait fait jusque-là. Mais nous ne pouvons y trouver, sans un examen minutieux, les preuves de l'ancienne coexistence de notre espèce et de certains mammifères fossiles. La logique scientifique s'oppose à cette affirmation prématurée en voyant que les cavernes habitées par des hôtes successifs,

ont souvent servi de sépulture à l'homme, et que les eaux qui s'y sont jetées ont pu y amener et y confondre après coup les restes d'êtres animés ayant vécu à des époques très-différentes.

Rien n'est plus varié que l'aspect de ces souterrains qui atteignent parfois quelques milliers de mètres d'étendue, avec des différences de niveau plus ou moins considérables. La plupart sont découpés dans les roches calcaires, comme on l'observe en Irlande, en Angleterre, en Belgique, dans les Alpes, les Pyrénées et les Apennins, où quelques-uns d'entre eux jouissent d'une grande célébrité. Les dépôts cristallins calcaires y produisent souvent des ornements singuliers dits stalagmites et stalactites, dans lesquels l'imagination retrouve les formes les plus fantastiques, qui sont l'œuvre de gouttes d'eaux se succédant à travers les siècles. La puissance du développement de ces blocs d'albâtre n'est d'aucun secours pour la détermination de leur âge, la vitesse d'écoulement des eaux, la solubilité du calcaire modifiant de toute pièce la nature du dépôt. Quelques grottes sont toutes hérissées de ces incrustations calcaires, modelées, découpées, ciselées, de toute manière, et formant des colonnes, des plis ondoyants, des draperies d'albâtre, qui s'y font voir comme les ornements d'une architecture la plus capricieuse; d'autres grottes ne renferment que des traces de ces formations cristallines, d'autres enfin en sont complétement dépourvues, et celles-ci sont en général plus favorables aux investigations relatives à leur contenu.

Sous le plancher constitué par la couche stalagmitique, on rencontre généralement des dépôts d'argile dite argile à ossements. C'est une terre grasse, rougeâtre, offrant une sorte de stratification; elle renferme quelquefois des cailloux qui viennent de loin, car ils n'ont aucune analogie avec la nature du terrain constituant; elle contient en outre des ossements et des mollusques terrestres ou fluvials qui appartiennent aux espèces vivantes; tantôt meuble ou friable, tantôt imprégnée de calcaire jusqu'au point de résister à la pioche, offrant une épaisseur variable, la couche à ossements des cavernes présente les caractères les plus divers. L'étude des débris qui s'y trouvent nous apprend que beaucoup de ces excavations du sol ont été habitées par des animaux carnassiers qui parfois y apportaient la nourriture de leurs petits; on y voit en effet des excréments d'hyènes mêlés avec des os non digérés. On y rencontre aussi les vestiges de presque

tous les animaux de l'époque quaternaire souvent mélangés à des restes d'ossements humains ou à des débris de l'industrie primitive.

De tout temps les cavernes ont servi de demeure, de sépulcre ou de refuge aux hommes. Les auteurs anciens nous parlent des Troglodythes ou habitants des cavernes de l'Asie Mineure, de la Grèce et de l'Italie; César nous rapporte qu'il fit enfermer dans des souterrains naturels les Gaulois qui le combattaient; à l'époque des Dragonnades, les protestants persécutés se sauvaient dans les cavernes, et de nos jours encore les habitants des forêts s'abritent de l'orage dans des grottes de pierre. Aussi n'y-a-t-il pas lieu de s'étonner des accumulations d'ossements et de débris qui s'y rencontrent. C'est ainsi que la caverne de Malet dans les Cévennes offre un singulier amoncellement d'objets les plus divers. Des fragments de poteries romaines, une statuette d'un sénateur romain, des haches en silex poli et autres armes de pierre, appartenant à une civilisation antérieure, une véritable sépulture d'ossements d'hommes et d'ours, des objets d'art de fabrication plus récente, des crânes d'ours placés les uns sur les autres en forme de pyramide, trouvés dans le même souterrain, sont le témoignage des nombreux visiteurs qui l'ont parcouru à des époques différentes.

Il est facile de distinguer ces mélanges ultérieurs, d'en assigner la date comparative, et les découvertes de ce genre ne sont d'aucun secours pour la détermination de l'antiquité de l'homme. Il en serait tout autrement, si les ossements humains se rencontraient dans les mêmes circonstances que les autres os d'animaux. S'ils étaient, par exemple, enveloppés dans la même argile, en ne portant pas de trace de remaniements; s'ils reposaient dans une couche de stalagmite intacte et bien conservée, s'ils étaient emprisonnés avec des os d'espèces éteintes dans un même bloc de pierre n'offrant aucun indice de dégradation; si l'observation enfin avait été faite dans un très-grand nombre de localités par des observateurs d'un témoignage certain, le doute ne serait plus possible, et la solution du problème ne serait plus à chercher.

En 1833, le docteur Schmerling publia un ouvrage important sur les cavernes situées aux environs de Liége; il explora chacune d'elles et tous les ossements qu'elles renfermaient furent soumis

à son examen. La pièce la plus curieuse de la collection de ce savant géologue consistait en la calotte d'un crâne trouvé dans la caverne d'Engis à plus d'un mètre de profondeur dans une brèche osseuse non remaniée. La terre qui enveloppait ce crâne ne présentait aucune trace de modification ultérieure, elle renfermait des dents de cheval, d'ours, d'hyènes, de rhinocéros et de ruminants fossiles, associés à une clavicule et un os du carpe humains. Dans la caverne d'Engiboul, Schmerling trouva encore, dans des circonstances analogues, des os humains, radius du coude, os des extrémités, soudés ensemble dans un bloc de calcaire.

La caverne de Lherme a aussi fourni à la géologie des dents, une omoplate et des os du bras humains mélangés avec des ossements d'ours, de lion, d'hyène des cavernes enfouis dans une couche stalagmitique tellement résistante qu'elle se brise difficilement sous le choc du marteau. Sept crânes d'Ursus spelœus, cinquante demi-mâchoires, trois cents dents, une infinité d'os brisés, un couteau de silex, un os creux d'ours des cavernes transformé en un instrument tranchant, trois mâchoires de la même espèce percées d'un trou, un andouiller de cerf aminci au sommet et taillé à la base, une vingtaine de demi-mâchoires d'ours transformées en crochets capables de servir d'arme offensive ou de houe pour remuer la terre et sur lesquelles, au dire des auteurs de cette découverte, on compte les entailles et les coupures faites avec le tranchant d'un outil de pierre, ont été retirés de la couche cristalline.

La grotte d'Arcy, près d'Avallon (Yonne), étudiée par M. de Vibraye, contenant dans son sein un nombre considérable de débris d'ours des cavernes associés à une mâchoire et une dent humaine, emprisonnés dans une enveloppe résistante d'argile rouge, la caverne de Neanderthal, renfermant sous une couche diluvienne d'une grande dureté, des os d'ours et un squelette humain, dont on put enlever, sans les briser, la calotte crânienne, la cuisse, l'humérus, un cubitus, une clavicule et quelques autres fragments recouverts de dendrites élégamment ramifiées comme de la mousse, sont, pour les défenseurs de la théorie de l'homme fossile, de nouveaux et irrécusables arguments.

Mais les travaux de M. Lartet sur la caverne d'Aurignac sont généralement regardés comme les meilleures preuves à son appui.

Aurignac est un chef-lieu de canton de la Haute-Garonne, situé à côté de la colline de Fajoles. Cette colline, formée de terrains nummulitiques, offrait dans un de ses escarpements un trou bien connu des chasseurs qui y voyaient souvent disparaître les lapins qu'ils convoitaient. En 1852, un ouvrier terrassier enfonça son bras dans ce trou pour juger de sa profondeur. Il ne tarda pas à en retirer un os qui excita vivement sa curiosité; continuant ses investigations, il attaqua les bords de l'orifice et rencontra une plaque de grès qui fermait une ouverture. Après l'avoir enlevée, il se trouva devant un véritable ossuaire humain.

Cette découverte fit grand bruit et le docteur Amiel, qui était maire de l'endroit, fit recueillir tous les os afin de les réintégrer au cimetière, en faisant ainsi disparaître ce riche trésor de renseignements à jamais perdu pour les antiquaires et les géologues. Toutefois le docteur Amiel s'assura, en comptant les os homologues, qu'ils devaient avoir appartenu à dix-sept squelettes des deux sexes et de tout âge.

C'est en 1860 que M. Lartet passa à Aurignac, résolu à faire de sérieuses recherches, après avoir vu quelques débris retirés de la caverne. Aidé par quelques travailleurs intelligents, il en commença l'exploration méthodique. En dehors de la grotte il trouva un lit de cendres et de charbons qui s'étendait sur une surface d'un demi-mètre carré au-dessus d'un foyer nummulitique, soutenant des fragments de grès noircis par l'action du feu. Les cendres renfermaient au moins une centaine de couteaux et de projectiles en silex; des flèches en os et des ustensiles en corne de renne, un poinçon en corne de chevreuil gisaient pêle-mêle à côté de nombreux fragments d'ursus spelœus, de felis spelœa, d'elephas primigenius, de cervus elaphus, et d'os d'herbivores qui auraient été fendus pour en extraire la moelle. Ces ossements auraient été rongés après la fracture par les hyènes dont les os et les coprolithes étaient disséminés sur le sol superposé. Sur les neuf espèces caractéristiques du terrain quaternaire, huit espèces se trouvèrent là avec deux molaires de rhinocéros tichorhinus mêlés aux os de cet animal brisés par des instruments de silex et rongés par les hyènes après la fracture. Cette dernière observation, disent les partisans de la coexistence de l'homme avec les espèces fossiles, ne démontre-t-elle pas que le rhinocéros

tichorhinus, l'homme qui en fendait les os et la hyène qui les rongeait étaient contemporains[1].

Les débris des cavernes dont nous venons de donner une description sommaire sont, pour un grand nombre de naturalistes, une preuve certaine de la contemporanéité de l'homme avec les pachydermes fossiles, mais il est facile de voir qu'une telle assertion est prématurée.

Quelques os humains se retrouvent mêlés à des ossements d'espèces éteintes ; mais qui nous prouve que ces vestiges n'ont pas été associés après coup par des courants d'eau qui ont peut-être rassemblé dans le même souterrain des débris d'êtres animés appartenant à des époques différentes. Ces os sont quelquefois emprisonnés sous la même couche stalagmitique ; mais qui nous affirme que le dépôt calcaire ne recouvre pas les débris d'animaux ayant vécu à des siècles d'intervalle.

Les os fossiles travaillés par l'homme ne peuvent pas encore être considérés comme un argument irréfragable, car l'homme en tout temps a travaillé l'os et l'ivoire, et rien ne nous dit que l'ouvrier qui a sculpté les dents d'ours des cavernes était contemporain de ces animaux. Quelque pâtre des Alpes ne pourrait-il pas aujourd'hui façonner à sa guise un ossement de mammouth qu'il aurait déterré d'une excavation du sol, en produisant ainsi une pièce du plus haut intérêt, capable d'enrichir un jour les vitrines d'un de nos futurs musées, comme une preuve à l'appui de l'existence de l'homme fossile.

Mais, dira-t-on, des os fossiles fendus par un couteau de silex pour en extraire la moelle, et rongés après la fracture par des hyènes des cavernes, ne sont-ils pas un argument que rien ne peut détruire.

Oui, si le fait est vrai. Mais le simple bon sens indique qu'une telle affirmation est imprudente. La vérité est, que des os brisés et rongés ont été retirés de la caverne d'Aurignac, et que ces os appartenaient à des hyènes des cavernes et à un rhinocéros tichorhinus. Parmi les os fendus on rencontre donc des os de carnassiers. Est-il certain qu'ils aient été fendus pour en extraire de la moelle? La moelle des carnassières est-elle mangeable? D'ailleurs

[1] Sir Ch. Lyell s'appuie sur cette observation pour affirmer que l'homme a mangé le rhinoceros tichorhinus. Voyez l'*Ancienneté de l'homme.*

les naturalistes qui ont vu les traces faites par un instrument de pierre, reconnu les coups de dents des hyènes, sont doués d'une perspicacité si exceptionnelle qu'il est permis de trouver leur jugement bien osé. Est-il en effet possible de savoir à quels accidents successifs ont été soumis de semblables débris, abandonnés depuis des siècles à toutes les forces de la nature. Le roulement au sein des eaux, des cailloux et des ossements mélangés n'a-t-il pas pu briser ces derniers, est-il même impossible que ceux-ci aient été rongés bien après leur fracture par quelque animal dévoré par la faim ; les traces des dents d'hyènes sont-elles gravées d'une telle manière que le doute ne soit pas permis, et n'est-ce pas faire preuve d'une imagination bien inventive, que de déchiffrer tant d'énigmes, en examinant quelques os brisés qui se taisent à la voix de tout observateur impartial?

Des faits d'une telle importance doivent être étudiés avec une grande circonspection, et en parcourant les cavernes à ossements explorées jusqu'à ce jour, en dépouillant sans parti pris, les nombreux objets qu'elles recèlent, on ne peut trouver nulle part une irrécusable preuve de la coexistence de l'homme et des espèces éteintes.

Après l'étude des cavernes, devrait prendre place l'étude du diluvium si rempli d'intérêt pour la question qui nous occupe ; après l'examen des débris contenus dans les excavations du sol, devraient se ranger les vestiges humains des dépôts diluviens, parmi lesquels s'est trouvée la mâchoire de Moulin Quignon dont la découverte a eu un si grand retentissement. Mais nous passerons tous ces faits sous silence, car nous n'avons rien à ajouter au travail que M. F. Hément a publié à ce sujet dans le troisième volume de ce recueil.

L'étude des cavernes, nous le répétons, ne nous donne pas des indications précises sur l'antiquité de l'homme. En est-il de même des découvertes relatives aux débris de son industrie?

De tout temps les armes et instruments de pierre qui sont les témoignages de civilisations éteintes, ont éveillé l'attention des historiens et des géologues ; des observations récentes ont donné lieu aux controverses les plus vives, et nos lecteurs n'ont sans doute pas oublié les discussions qu'ont fait naître les silex du grand Pressigny.

Des coins, des haches, des dards, des lames taillées se retrouvent

dans un grand nombre de cavernes et se rencontrent aussi à l'état de véritables gisements dans un grand nombre de terrains. Ces débris peuvent avoir au point de vue géologique le même intérêt que les ossements humains eux-mêmes, car ils nous attestent un travail exécuté par l'homme; et, s'ils se rencontraient en abondance dans des dépôts non remaniés du diluvium, ils pourraient sans doute nous conduire à la solution du grand problème de l'homme fossile. Mais on ne saurait apporter trop de réserves dans le dépouillement de ces objets: l'enthousiasme exagéré de quelques antiquaires est nuisible au progrès de la science, et les savants qui voient, dans toutes les pierres, des armes et des outils travaillés par l'homme, méconnaissent l'admirable méthode dont l'esprit ne doit pas s'écarter s'il veut atteindre la vérité. Il est malheureusement évident aujourd'hui, que parmi les nombreux gisements qui ont été explorés, il en est plusieurs qui ont fourni des pierres soi-disant taillées, qui ne l'étaient pas, et que les auteurs de ces découvertes n'ont pas bien distingué les faits, parce qu'ils les regardaient à travers une théorie préconçue.

Au mois d'août 1863, M. l'abbé Chevalier signala à l'attention de l'Académie des sciences plusieurs ateliers de l'âge de pierre qu'il venait d'explorer aux environs de Pressigny-le-Grand. En 1864, le docteur Léveillé découvrit près de cet endroit sur les terres de la Claisière un nouvel atelier d'une étendue considérable. Une quantité de *nuclei* taillés, de haches, de couteaux longs de 15 à 20 centimètres, s'y rencontrent à chaque pas, et les noyaux taillés y existent en telle abondance que les laboureurs qui les rencontrent devant le soc de leur charrue les entassent sur le bord des champs. « Les trouvailles si vantées de certaines cavernes ou des terrains d'Abbeville, dit M. Chevalier, ne sont donc rien auprès de l'atelier de Pressigny; l'abondance incroyable des instruments en silex, leur dissémination à la surface du sol, sur un terrain bien antérieur au diluvium, voilà des points nouveaux dignes de toute l'attention. »

Peu de temps après, M. Bourgeois étudiait avec soin ces nouveaux instruments de pierre dans le but de savoir à quel âge on pouvait en rapporter l'origine [1].

« Les silex taillés de la Claisière, dit ce géologue, sont presque

[1] *Compte rendu de l'Académie des sciences*, séance du 21 août 1865.

tous d'une dimension prodigieuse, quelques-uns atteignent 36 centimètres de longueur et pèsent jusqu'à 8 kilogrammes. Des éclats de 25 à 30 centimètres ont été détachés de leur surface avec une grande hardiesse. Parmi les quatre ou cinq variétés qu'ils présentent, j'en ai remarqué deux qui appartiennent à l'âge des tourbières de la Somme. Ces prismes triangulaires terminés comme des grattoirs se retrouvent à la Claisière, et ne diffèrent de ceux de la Somme que par des dimensions plus considérables. Je suis donc porté à croire, en considérant la forme de ces instruments et la perfection du travail, qu'ils appartiennent au même âge que ceux qui ont été recueillis, également en si grande quantité, par M. Boucher de Perthes dans les tourbières des environs d'Abbeville. »

Cette opinion devait rencontrer des contradicteurs. Au mois d'avril 1865, M. Eugène Robert, continuant ses recherches sur l'âge de pierre, publia de nouvelles observations critiques, et fit ouvrir les yeux à quelques-uns de ceux qui s'étaient laissé prendre aux séductions des fausses armes de silex.

Rien ne ressemble plus à des haches ébauchées, à des pointes de flèches et surtout à des couteaux de pierre que les éclats du silex pyromaque dont la cassure est conchoïde ; aussi doit-il se rencontrer dans les collections bien des pierres qui n'ont pas le droit d'y figurer comme témoignage archéologique.

M. E. Robert nous apprend qu'un de ses amis qui occupe la place la plus éminente de l'Académie des sciences[1], est revenu de Pressigny-le-Grand avec la conviction que toutes les pierres taillées qu'il renferme ne sont autres que des déchets de masses siliceuses qui auraient servi à fabriquer des pierres à fusil. Des hommes âgés de ce pays se sont rappelés qu'on exploitait autrefois un silex pyromaque, blond, semblable aux prétendus instruments de l'âge de pierre, dans le but de garnir les chiens des armes à feu.

« Nous doutions si peu, dit M. Robert, qu'on n'eût pas là la preuve manifeste d'un atelier de pierre au service des Celtes, nous en étions tellement persuadé, que pour tâcher de réfuter l'opinion qui le réduisait à néant, nous invoquâmes des entailles profondes, qui règnent tout le long des arêtes principales dans

[1] M Decaisne, président pour 1865.

les grandes haches seulement; nous alléguions que ces échancrures dans lesquelles se logent assez commodément les doigts, étaient précisément ce qu'il fallait pour empêcher ces haches de glisser lorsqu'on les saisirait au moment décisif; nous nous plaisions donc à croire qu'elles avaient été disposées ainsi, pour être maniées comme les tomataves en grauwacke des Nouveaux-Zélandais : car plusieurs de ces pierres, nous voudrions pouvoir dire instruments, sont trop volumineuses pour avoir pu être montées à la manière des casse-tête des sauvages et comme ont dû l'être les haches de petites dimensions des Celtes. Il nous fut alors démontré non moins clairement qu'après avoir fait sauter le plus possible de longues lames de silex d'où l'on extrayait ensuite et définitivement les pierres à fusil, on empruntait encore aux arètes, avant de rejeter la masse, qui finit par ne pas se prêter à aucune espèce de taille, de petits éclats propres à garnir des pistolets. Avons-nous besoin d'ajouter que ces derniers objets se trouvaient ainsi tout faits ou très près de la perfection? Nous fûmes d'autant plus facilement disposé à nous rendre à l'évidence de ce raisonnement, que les prétendus silex travaillés de Pressigny, du moins ceux qu'il nous a été donné d'examiner, contrairement à ce que l'on a toujours observé, nous avaient paru, non pas sans un grand étonnement, être d'une conservation par trop parfaite, désespérante, à notre point de vue (on aurait dit qu'ils sortaient de la main des ouvriers, tant leur fraîcheur est grande), sans la plus petite trace de frottement ou d'usure capable de révéler un usage quelconque; que les facettes déterminées par la taille n'ont pas éprouvé cette altération singulière, souvent profonde, qui change le silex pyromaque bleu-noirâtre, exposé à l'air depuis très-longtemps, en cacholong blanc-laiteux, semblable à de la porcelaine; en un mot qu'il n'a pas la moindre patine caractéristique des pierres antiques. Enfin M. Al. Brongniart nous apprend que dans le département du Cher, limitrophe de celui de la Vienne, on a exploité en grand un silex identique à celui de Pressigny-le-Grand pour en faire des pierres à fusil. »

M. Pinguilly-l'Haridon directeur du Musée d'artillerie, fit paraître quelque temps après dans le *Moniteur Universel* un article au sujet de ces fameux silex, l'objet de si vives controverses, dans le but de démontrer leur antique origine. Si les observations de

M. Pinguilly-l'Haridon démontrent que l'artillerie n'a jamais employé les silex du Grand-Pressigny, elles ne démontrent en aucune façon que des exploitations particulières n'ont pu s'établir en ce lieu ; il faut, du reste, pour juger la question, se rappeler combien a dû être énorme la consommation des pierres à fusil alors que tout le monde en faisait usage pour se procurer du feu.

M. de Vibraye, dans la séance de l'Académie des sciences du 17 juillet 1865, appuya toutes les conclusions de M. Pinguilly-l'Haridon, en exposant quelques nouvelles observations. Il oppose au témoignage d'un habitant de la Haye-Descartes celui d'un propriétaire de la Claisière âgé de quatre-vingt-deux ans, fils d'un père mort à l'âge de cent quatre ans, qui affirme qu'aucune tradition n'attribue les *nuclei* à un ancien atelier de pierres à fusil. Il réfute les arguments de M. Robert en citant un spécimen de silex taillé, trouvé au Grand-Pressigny et offrant avec la plus grande évidence la couche de cacholong. Il signale enfin la découverte de sept polissoirs recueillis dans les environs de Pressigny, qui lui font admettre l'origine *celtique* de ce gisement.

Il reste toujours à objecter à M. de Vibraye l'immense quantité d'objets répandus à la surface du sol, quantité qui s'explique très-bien en supposant que ces objets sont des résidus de fabrication, qui ne s'explique nullement s'il faut voir là des objets fabriqués, qu'on n'aurait certes pas abandonnés ainsi sur le lieu même où ils étaient travaillés.

Il est rare qu'il n'y ait pas, dans des questions sérieuses, quelques points capables de mettre en joie un critique impartial. On se rappelle le bruit qui se fit à l'Académie à propos de la découverte de blessures faites sur quelques ossements de grands pachydermes par les flèches et les haches en silex de l'homme primitif.

Il nous semble bien téméraire de considérer qnelques éraflures comme les traces des instruments de pierre qui auraient servi à tuer des éléphants? Ces animaux n'ont-ils pas leurs fémurs et leurs tibias protégés par une épaisse couche de tendons, de muscles, d'apronévroses, et la peau si épaisse qui caractérise cet ordre de mammifères n'aurait-elle, pas, à elle seule, suffi à les protéger des coups de haches ou de flèches de pierres?

C'était un bien robuste chasseur, l'homme qui, armé d'un silex fixé à l'extrémité d'un manche peu résistant, brisait d'nn tour de bras les os formidables d'un éléphant!

Que dirons-nous encore au sujet de cette lame d'ivoire fossile trouvée dans un gisement ossifère du Périgord et offrant au dire de M. Lartet une sculpture ayant la prétention de représenter un éléphant à longue crinière [1], si ce n'est que nous doutons vivement du témoignage fourni par quelques incisions faites avec un outil de pierre. Il est bien peu probable que cette pierre, vieille de quelques milliers d'années, puisse dévoiler l'intention de son auteur et nous démontrer la coexistence de celui-ci avec son prétendu modèle.

L'étude des débris de l'industrie humaine ne nous enseigne donc rien de positif sur la contemporanéité de l'homme et des pachydermes fossiles; peut-elle nous éclairer sur l'antiquité de la famille humaine; doit-elle nous apprendre que l'acte de naissance de notre espèce remonte à un grand nombre de siècles au delà des limites de l'histoire? C'est ce qui va nettement ressortir du résumé de quelques autres découvertes récentes, et de l'examen d'un autre ordre de débris de l'activité humaine.

II

L'HOMME ANTÉ-HISTORIQUE ET L'INDUSTRIE PRIMITIVE.

Coup d'œil jeté au delà des limites de l'histoire. — Étude des débris de l'homme anté-historique. — Les monticules de coquilles ou *kjækkenmædings*. — Les marais tourbeux. — Age de pierre, âge de bronze, âge de fer. — Les cités lacustres. — L'histoire de l'homme primitif: sa vie, ses mœurs et ses coutumes. — Guerres. — Industrie et agriculture. — Vêtements. — Nourriture. — Tombeaux.

Nous n'avons pu répondre avec précision à la première question que nous nous étions posée: l'homme a-t-il été contemporain des grands mammifères de l'époque quaternaire; mais si nous ne pouvons faire remonter avec certitude l'apparition de la race humaine à la période quaternaire, nous avons des preuves certaines que l'homme est infiniment plus ancien sur la terre que ne le fait supposer la tradition biblique, telle qu'elle est interprétée aujourd'hui.

L'étude des *Kjækkenmœddings* ou débris de la cuisine des peuples primitifs, des marais tourbeux du Danemark, des habi-

[1] *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, 1865. t. II. p. 529.

tations lacustres de la Suisse et de l'Italie, va nous fournir sur ce sujet de précieux renseignements.

Grâce aux travaux de MM. Troyon, Morlot, Keller, Desor, en Suisse, aux vues hardies de quelques naturalistes du Danemark, aux études de MM. Stoppani et Nicolucci en Italie, aux observations de M. Lioy dans le Vicentin, il nous est permis de retracer à grands traits l'histoire de ces temps reculés, d'esquisser la vie, les mœurs et les coutumes de l'homme anté-historique, d'opposer son industrie naïve aux travaux de l'art actuel et de faire voir que l'humanité à son berceau, si primitive qu'elle ait été, a toujours eu en elle un germe d'intelligence capable d'acquérir dans la suite un développement sans bornes.

Sur un grand nombre de points de la côte du Danemark, on rencontre à proximité de la mer des accumulations de coquilles, d'un volume très-variable qui atteint quelquefois trois cents mètres de longueur sur une largeur de soixante mètres et une épaisseur de trois mètres. Çà et là ces amas sont disposés circulairement autour d'un centre vide qui paraît avoir servi de lieu d'habitation.

Ces accumulations d'os et de coquilles, connues depuis longtemps, avaient d'abord été considérées comme des dépôts naturels; des observations récentes ont démontré que l'homme seul avait pu constituer ces amas, incontestablement formés par les débris de sa nourriture. Aussi les Danois les ont-ils appelés « Kjœkkenmœddings », ou amas de débris de cuisine. Des milliers de coquilles d'huîtres, de cardiums et autres mollusques comestibles, s'y rencontrent de toute part ; des os de quadrupèdes, d'oiseaux et de poissons y sont entassés pêle-mêle ; des couteaux, des haches, et d'autres instruments de pierre y sont répandus à profusion avec des fragments de poteries grossières, des outils de corne et d'os, du bois carbonisé et des cendres. En 1847, une commission, chargée d'étudier les monticules de coquilles du Danemark, rassembla une magnifique collection, formée de dix mille échantillons déterminés, d'animaux trouvés dans ces accumulations. Au milieu de coquilles se rencontrèrent de nombreuses espèces d'animaux sauvages; l'*urus* ou *bos primigenius* est la seule espèce actuellement éteinte qui s'y trouve; le mammouth, le renne, le rhinocéros manquent complétement dans ces amas qui abondent de restes de castors, de phoques, aujourd'hui détruits en Dane-

mark. Des os de daims, de chevreuils, de lynx, de loups, de renards s'y trouvent tout brisés, comme s'ils l'avaient été par un instrument destiné à leur enlever la moelle qu'ils renfermaient.

Les kjœkkenmœddings offrent, comme on le voit, le plus grand intérêt; ils nous montrent, après quelques milliers de siècles, les débris des aliments qui ont nourri de rudes chasseurs, de hardis pêcheurs, dont le souvenir semblait devoir être à tout jamais perdu dans les profondeurs du passé.

Les tourbières du Danemark sont pour nous la source de documents peut-être plus précieux encore. Il n'est pas un mètre carré de ces marais qui n'ait gardé des traces humaines; les ossements, les débris de toute sorte qui s'y rencontrent offrent aux savants d'inépuisables sujets d'études et de méditation, et la nature semble avoir pris soin de conserver ces vestiges, afin de nous permettre d'en dévoiler l'origine. Les tourbières du Danemark, en effet, sont nettement formées de trois couches superposées qui nous tiennent un différent langage, et offrent à nos regards trois périodes de végétation : la plus ancienne est la période du pin, complétement disparue aujourd'hui; la deuxième est la période du chêne, actuellement très-rare; la troisième période enfin est celle du hêtre qui étend encore ses rameaux épais sur le sol du Nord. La tourbe a gardé les objets qui y sont tombés; et les fouilles qu'on y exécute, y font voir trois musées bien distincts, changeant leurs collections à chaque période de végétation nouvelle. Les débris humains manquent dans la première couche de la tourbe amorphe; des armes de pierres et d'os se rencontrent sur la deuxième couche; des armes et des ustensiles de bronze apparaissent enfin dans la région qui est plus rapprochée du sol.

D'après ces observations, le premier cycle de l'histoire a été divisé en trois âges par les savants danois.

1° *Age de pierre.* Pendant cette période l'homme s'arme et se crée des outils, en taillant le silex ou d'autres pierres; le feu lui est déjà connu comme l'attestent les cendres et le bois carbonisé. (Cet âge se subdivise généralement en deux époques distinctes : âge de la *pierre brute*, âge de la *pierre polie.*)

2° *Age de bronze.* Durant cette deuxième période, l'homme a découvert et travaillé les métaux; il sait unir le cuivre à l'étain et façonner des ustensiles et des outils précieux. (Des découvertes récentes effectuées en Amérique nous parlent d'un

âge intermédiaire, l'âge de *cuivre*, pendant lequel les peuplades primitives employaient ce métal qui s'offrait directement à eux sur le sol à l'état natif.)

3° *L'âge de fer* vient en dernier lieu et nous offre le spectacle d'une industrie plus avancée. Cette période est un pas immense réalisé par l'humanité qui découvre alors le verre, invente les monnaies, et tire de son intelligence déjà puissante la conception de l'alphabet.

Ces termes peuvent impliquer des idées très-fausses, si on y attache un sens trop absolu et si on suppose que la civilisation caractérisée par l'emploi de ces diverses matières était uniformément répandue à la surface du globe. A ces époques réculées, il existait entre les différentes nations des caractères bien tranchés, comme de nos jours, où nous voyons d'immenses étendues de la terre, peuplées par des races de l'*âge de pierre* (intérieur du Brésil, etc.) en même temps que l'*âge de fer* règne en Polynésie et l'*âge des armes à feu* en Europe. Quoi qu'il en soit, cette division n'en subsiste pas moins, comme l'ont confirmé les géologues de la Suisse en mettant au jour une nouvelle espèce de monuments anté-historiques qui mérite toute notre attention.

Nous avons vu que les cavernes et les trous de rochers avaient souvent servi d'habitation aux premiers hommes; les cabanes construites de branches et de feuillages entrelacés, les constructions sur pilotis surtout, les ont encore préservés des attaques des bêtes féroces ou des surprises d'un ennemi, en lui offrant un abri contre les intempéries atmosphériques.

Le singulier mode de construction des peuples lacustres n'a rien qui doive nous surprendre : Hérodote nous parle des Pæoniens qui habitaient le lac Prusias, et Dumont d'Urville nous donne la description de semblables villages qui s'étendent de nos jours au-dessus des lacs de la Nouvelle-Guinée. Les Malais et les Chinois de Bangkok appuient encore leurs maisons sur des pieux plantés dans le limon des lacs; la lagune de Maracaybo enfin nous offre un nouvel exemple d'une petite Venise de bois, connue sous le nom de Venezuela. Sous la République romaine, les Bataves se logeaient dans des baraques supportées par des pieux élevés très-haut au-dessus du sol; quelques peuplades qui vivent au milieu des savanes de l'Orénoque ou de l'Amazone, se construisent actuellement des habitations du même genre, et les Javanais eux-mêmes

se mettent à l'abri des tigres dans des cabanes presque isolées du sol.

L'homme primitif trouvait au-dessus des lacs une habitation où il pouvait sans inquiétude se reposer des fatigues, en obéissant peut-être aussi à l'invincible attrait qu'exerce l'eau sur les peuples enfants.

Dans l'hiver de 1853 à 1854, M. Ferdinand Keller commença à étudier les objets singuliers mis à nu par le retrait des eaux du lac de Zurich. Des pilotis, des ossements, des pierres noircies par le feu, des ustensiles de toute sorte lui démontrèrent l'existence d'un ancien village. D'autres naturalistes continuèrent ces curieuses recherches, et bientôt la Suisse presque tout entière, l'Italie, le Brandebourg, l'Islande, le Canada, la Nouvelle-Guinée et l'île Vaigiou, allaient fournir de nouvelles preuves de l'existence de nombreuses tribus qui peuplaient la terre alors que l'histoire n'était pas née.

Les vestiges de ces mondes détruits sont assez nombreux pour qu'il soit possible de rebâtir par la pensée les cabanes lacustres de l'antique Helvétie. L'eau transparente nous laisse voir les pilotis rangés parallèlement ou plantés en désordre, les poutres noircies et les toits formés de couches de roseaux et de paille. Les pierres de foyers, les lits de repos constitués par des amas de mousse, les armes de silex, les ustensiles de toute nature, se retrouvent enfouis dans le limon du lac. A travers un passé de quelques milliers de siècles, cette singulière agglomération de petites huttes apparaît à nos yeux, et se dresse à la surface des eaux. Nous revoyons ces rives presque désertes dont quelques animaux domestiques animent les clairières, ces forêts silencieuses, où les grands arbres étendent leurs rameaux sur le sol que l'homme n'ose pas habiter. Au milieu du lac deux ou trois cents cabanes semblent voguer sur la plaine liquide ; la population s'agite sur les plates-formes, et les canots sillonnent la surface des eaux. Les rives sont mornes et silencieuses : les flots, au contraire, sont égayés par le bruit, par le mouvement, par la vie qui les anime ; ils paraissent être le véritable domaine de l'homme.

La vue de ces constructions et de tous les objets qui s'y rattachent cause le plus vif étonnement quand on songe aux outils grossiers de ces temps reculés. Les haches et les couteaux de pierre, en effet, ne prêtaient qu'un bien faible concours au travail de ces

peuples enfants. Cependant les arbres abattus se transformaient en poutres; taillées en pointe, elles s'enfonçaient dans le limon du lac; grossièrement équarries, elles s'unissaient, et bientôt les demeures des lacustres s'élevaient du sein des eaux. Des esplanades et des quais en bois s'ajustaient au mur de leurs cabanes; des lieux d'embarcation se formaient ainsi, et les habitants de ces villages primitifs pouvaient gagner le rivage en s'élançant sur les barques qu'ils savaient construire. Quelques villages reposaient sur plus de quarante mille pilotis et leurs débris nous attestent le travail incessant de plusieurs générations. Quelle patience il fallait à ces infatigables ouvriers pour tailler la pierre contre la pierre, fabriquer et réparer des outils grossiers, transformer le silex en lames et en pointes et polir les substances les plus dures, telles que le cristal de roche.

La hache a joué un rôle immense dans l'industrie primitive. On la retrouve assez abondamment sur l'emplacement des cités lacustres, dans les entrailles du sol, dans les cavernes et les grottes; elle se rencontre non-seulement en France, en Italie, en Danemark, mais encore en Amérique, en Asie et à l'île de Java. Sa forme et son aspect diffèrent suivant les pays, et les haches suisses, souvent taillées dans des blocs de serpentine, se distinguent des haches de Scandinavie par leur tranchant beaucoup plus petit qui ne mesure jamais plus de quatre ou cinq centimètres. Il n'y a là rien qui puisse nous surprendre, car les géologues n'ont pas tardé à reconnaître, comme nous l'avons vu plus haut, que les trois âges qui divisent l'histoire despeuples primitifs n'étaient pas contemporains dans les différentes contrées de l'Europe. Le fleuve de la civilisation coulait alors avec une excessive lenteur, et des siècles disparaissaient avant que le moindre progrès se propageât du Midi de l'Europe dans les froides contrées du Nord.

Tantôt emmanchées à l'extrémité de branches courbes au moyen de ligatures, tantôt fixées, à l'aide de mortaises, à des bois de cerf, ces armes primitives se présentent encore à nous sous les formes les plus variées et nous témoignent l'imagination de leurs fabricants; chaque guerrier, sans doute, façonnait à sa guise l'arme à laquelle il confiait le soin de sa défense.

La hache n'est pas la seule arme des lacustres, des flèches en silex assujetties à l'extrémité de longs roseaux se sont rencontrées en France, en Angleterre, dans la Scandinavie et sur les bords du

Mississipi. Le fond des lacs de la Suisse fourmille parfois de cailloux aux arêtes vives, attestant que la fronde sans doute connue était employée à lancer ces projectiles. Les lacustres, déjà habiles dans l'art de la guerre, avaient encore imaginé des balles incendiaires formées de charbon et d'argile. Rougis au feu, ces boulets servaient à l'attaque; lancés sur les cabanes ennemies, ils en enflammaient le chaume, et le feu ne tardait pas à gagner de proche en proche, et à étendre ses ravages sur toute la colonie.

L'absence complète des céréales dans les monticules du Danemark nous fait supposer que les lacustres du Timon n'avaient pas les moindres notions de l'agriculture. Le blé ordinaire, l'orge, l'avoine, l'épeautre, trouvés dans les lacs de la Suisse avec quelques cordes de chanvre et de lin, nous donnent une opinion tout autre sur les habitants primitifs de la Suisse, mais les instruments de culture qu'ils employaient nous sont tout à fait inconnus.

Des objets de provenance lointaine, la néphrite de l'Ouest, l'ambre jaune de la Baltique, l'étain du Cornouailles, trouvés parmi les débris des cités lacustres, sont le témoignage des échanges organisés avec les peuples navigateurs, peut-être avec les Phéniciens, qui, de si bonne heure, s'étaient imposé la tâche d'explorer la surface du globe. M. Raffaello Foresi a récemment découvert dans l'île d'Elbe des instruments de l'âge de pierre, faits en un silex complétement étranger au sol de ce pays. On y retrouve jusqu'à l'obsidienne qui a dû venir de Naples ou même de contrées plus lointaines [1].

Il y aurait sans doute lieu de s'étonner d'un semblable commerce établi chez des peuples aussi primitifs que ceux de l'âge de pierre, si M. Roulin, que son long séjour dans l'Amérique équatoriale a familiarisé avec les mœurs des indigènes de ces contrées, ne nous signalait des sauvages indiens (*Tamas*, *Omoas* et *Careguajes*) qui sont de grands voyageurs et de grands trafiquants. Ces sauvages s'avancent jusqu'aux Missions portugaises, où ils vont chercher des haches et des fers de lance; ils pénètrent dans les Andaquies, d'où ils rapportent de la cire blanche et ils exportent le curare, qu'ils savent fabriquer eux-mêmes [2].

[1] *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, 14 avril 1865. Lettre de M. Simonin à M. Élie de Beaumont.

[2] Séance de l'Académie des sciences du 31 août 1865.

Parmi les vestiges des animaux rencontrés dans le limon des lacs de la Suisse, on n'a trouvé qu'un seul ossement de lièvre; l'absence presque absolue de ce quadrupède donne à penser que les lacustres ne s'en nourrissaient pas, sans doute retenus par quelque superstition analogue à celle qu'on observe de nos jours encore chez les Lapons, et que Jules César trouva en vigueur chez les Bretons. L'homme primitif soumettait à la cuisson la viande dont il se nourrissait; les cendres, le charbon, les os carbonisés retirés des dépôts sous-lacustres, des amas de coquilles du Danemark, du foyer d'Aurignac sont là pour l'affirmer. Quelques cavernes renfermant des débris d'aliments sans aucune trace de feu nous permettent de supposer que certaines peuplades ont pu cependant manger la chair crue, comme le font aujourd'hui d'ailleurs les Abyssins et les Samoyèdes.

Tous les peuples les plus sauvages ont un goût prononcé pour les boissons enivrantes, et il est probable qu'elles étaient connues de l'homme primitif. La chose cependant n'est pas tout à fait certaine. Il est possible que l'énorme quantité de fruits du cormier, amoncelés dans le fond du lac de Timon, soit la provision servant aux premiers Danois à fabriquer une boisson acide ou fermentée; il serait étonnant que des tribus dont la civilisation était certainement placée au-dessus du niveau de celle de certains sauvages actuels, n'aient pas inventé les breuvages alcooliques, et qu'ils n'aient pas recherché, comme tous les peuples, leur action enivrante. Les sauvages de l'île Viti, en effet, ne boivent-ils pas le *kava*, les Africains du centre le *pombé*, les Germains la *cervoise*, les Péruviens le *chica*, les Mexicains le *pulque*, les Grecs le *lotus*, et les Aryras la *liqueur de l'oubli* ?

Après avoir abordé toutes les occupations diverses qui remplissaient la vie de l'homme à ces âges reculés, il nous reste à le suivre quelques moments encore jusqu'au jour de sa mort pour le confier à la sépulture qui doit quelquefois en conserver les précieux vestiges. Dans les temps anté-historiques on enterrait les morts : des voûtes sépulcrales recevaient les cadavres qu'on y plaçait dans une position accroupie, le menton appuyé sur les genoux, les bras rapprochés de la tête et ramenés sur la poitrine dans une position analogue à celle du fœtus dans le sein de sa mère. Devons-nous retrouver dans ce fait un simple effet du hasard où faut-il supposer au contraire que la pensée de quelques-uns de ces hommes

grossiers ait déjà été ouverte aux idées philosophiques, aux réflexions qu'inspire la mort? Ce rapprochement de la tombe et du berceau n'est-il pas l'indice de la singulière coïncidence qui paraît unir la naissance au trépas; ne nous fait-il pas voir que la lumière de la philosophie était peut-être à la veille d'éclairer l'humanité, si mille causes de retard n'avaient alors opposé des barrières à la marche déjà lente du progrès?

L'étude des dépôts sous-lacustres de la Suisse nous apprend, en effet, que presque tous les antiques villages de ces temps reculés ont péri par la destruction et l'incendie, que les fléaux de la guerre ont précédé le moindre développement de la civilisation et que les enfantements du monde moral se réalisent aussi dans la douleur.

En Amérique, en Hindoustan, en Asie, les débris de l'homme anté-historique ne nous signalent pas de périodes de convulsion; il n'en est pas de même pour l'Europe, où de terribles accidents ont dû modifier la face de l'humanité. Les cités lacustres de la Suisse ont péri par la guerre; les peuples de l'Helvétie ont succombé sous les coups du plus fort, et les haches de pierre ont été brisées par les armes de bronze des nouveaux venus qui se rendaient facilement maîtres des tribus lacustres. C'est ainsi que Fernand Cortès envahit tout le Mexique avec une poignée d'hommes hardis, montés sur des chevaux fougueux, et armés d'instruments terribles d'où volait le feu de la mort.

Tels sont, en raccourci, les résultats fournis par la science au sujet de l'industrie primitive; les savants de tous pays, en remuant de toutes parts la poussière des siècles, ont su reconstruire les monuments précieux qui nous révèlent l'*homme anté-historique*. La coalition de tous les défenseurs de la philosophie a détruit à tout jamais la tyrannie de la légende, et désormais l'histoire peut s'appuyer sur des données précises, s'étendre sur les bases solides de la science positive au lieu de vaciller sur les fragiles fondations de la fable et de la tradition.

III

L'ANTIQUITÉ DE L'HOMME ET SON ORIGINE

Antiquité de l'homme. — Opinion de Cuvier sur quelques monuments historiques. — M. Renan et l'Égypte ancienne. — Cuvier n'a jamais nié la haute antiquité de l'humanité. — Tentatives faites pour assigner une date certaine à la naissance de l'homme. — Sir Ch. Lyell et le delta du Mississipi. — Date de l'âge de pierre, en Suisse, d'après M. Morlot. — Les tourbières du Danemark considérées comme une preuve de l'ancienneté de l'homme. — L'homme anté-historique comparé à l'homme moderne. — Crânes d'Engis et de Neanderthal. — Théorie de Darwin. — L'homme et le singe.

Les faits établis dans le chapitre précédent nous enseignent les mœurs, les habitudes des premiers hommes; peuvent-ils de plus nous fournir quelques données sur l'époque à laquelle ils ont vécu? C'est ce que nous devons rechercher maintenant.

Dès les premiers pas que nous faisons dans cette voie, nous rencontrons le grand nom de Cuvier.

On sait que, d'après lui, les *Védas* ou livres sacrés des Indiens relevés par Brama à l'origine du monde ne remontent pas à plus de trois mille ans. Les livres d'astronomie de ces peuples auxquels on attribuait une excessive ancienneté seraient au contraire assez modernes. Les Égyptiens qui racontaient à Hérodote que le soleil s'était levé deux fois vers l'origine de son coucher depuis le commencement de leur histoire vieille de 11000 ans, les constructions cyclopéennes qui paraissent être les travaux de l'enfance des sociétés, les monuments astronomiques enfin ne devaient pas, selon cet illustre zoologiste, reculer l'ère de l'apparition de l'homme à la superficie du globe. Le célèbre zodiaque de Denderah auquel Dupuis accorde plus de 15000 ans d'ancienneté, aurait été construit d'après Delambre après la fondation d'Alexandrie.

Tous ces faits sont relatifs à l'histoire de la civilisation; ils ne peuvent contredire des faits d'un autre ordre, et d'ailleurs ils sont en partie démentis par la science moderne.

Un des archéologues les plus éminents de notre époque vient de porter une rude atteinte à ces opinions. M. Renan a dernièrement décrit la grande table d'Abydos que M. Mariette a rendue à la lumière; il a peint le monument qui la recèle en mar-

quant la place que lui avaient assignée les Pharaons. Il démontre que les annales positives de l'humanité remontent au moins à mille ans au delà de la création mosaïque; et faisant ainsi concourir au même but les résultats de l'archéologie et des sciences naturelles, il nous laisse entrevoir l'Égypte historique étalant sur les bords du Nil les merveilles de sa civilisation plus de dix siècles avant que l'ange exterminateur ait chassé le premier homme du paradis terrestre.

Cuvier au reste dont on cite souvent l'opinion sans la bien connaître, ne niait pas la haute antiquité de l'homme, parce qu'il refusait d'admettre sa coexistence avec les grands pachydermes d'espèces éteintes. Notre grand naturaliste n'est pas aussi absolu. En 1825, il dit qu'on *n'a encore trouvé ni homme ni singe fossile*, et il n'affirme rien de plus. C'est méconnaître l'esprit de ce grand maître de le faire conclure, sans preuve aucune, que l'apparition de l'homme sur la terre est d'une date récente. Le créateur de la paléontologie, le fondateur de l'anatomie comparée, n'a jamais dit : « *il n'y a pas d'homme fossile.* » Il a dit avec raison les faits manquant : « Je n'ai pas trouvé d'homme fossile » ; et par conséquent il n'a jamais rien affirmé relativement à l'ancienneté de notre espèce.

Ce n'est pas seulement l'histoire qui nous permet de faire reculer ainsi l'origine de notre espèce; sir Ch. Lyell, en s'appuyant sur des autorités sérieuses, prétend que le Mississipi coule dans son lit actuel depuis mille siècles, et le docteur Dowler assure, d'après l'examen de poteries et de sépultures indiennes, que le delta de ce grand fleuve est habité par l'homme depuis cinquante mille ans !

Ces appréciations sont évidemment imparfaites et les preuves manquent à leur appui. Les tentatives des géologues et des archéologues de la Suisse, pour estimer l'époque de l'âge de pierre et de bronze, sont aussi très-incomplètes ; cependant elles méritent de fixer l'attention et font espérer dans la suite des résultats précis. Le calcul le plus consciencieux est celui qu'a fait M. Morlot relativement au delta de la Tinière, torrent qui se jette dans le lac de Genève. Ce delta est formé de sable et de gravier, et la régularité de sa structure fait supposer l'uniformité de la cause de sa production. Sa forme est celle d'un cône aplati dont la structure intérieure a été mise à jour par les travaux que nécessitait

la construction d'un chemin de fer. Une tranchée pratiquée dans le sol a coupé à différentes profondeurs trois couches de terre végétale, dont chacune a dû former la surface du cône à des époques différentes. La première couche est de l'époque romaine et contient des tuiles et des médailles, la deuxième renferme des poteries non vernissées et des objets appartenant à l'âge de bronze, la troisième enfin qui se trouve à six mètres de profondeur recèle dans son sein des morceaux de bois carbonisés, des poteries grossières, des os brisés et un crâne petit et fort aplati. En admettant que la période romaine se place à seize ou dix-huit siècles en arrière, M. Morlot attribue à l'âge de bronze une ancienneté de 3000 à 4000 ans et fait remonter l'époque de l'âge de pierre, en Suisse, à 5000 ou 7000 ans.

M. Troyon a fait d'autres calculs relatifs à l'âge de quelques pilotis de la Suisse; mais nous le répétons, l'inconnue de ces problèmes ne peut être dévoilée, puisque les données manquent de certitude, et que les raisonnements ne sont pas exempts d'imperfections.

La distance qui sépare notre époque du commencement de l'âge de pierre nous est inconnue, mais nous savons qu'elle est d'une considérable étendue.

L'ancienneté des restes humains dans les tourbières du Danemark ne saurait, en effet, se mesurer en siècles, avec aucune chance d'exactitude; mais nous savons que du temps des Romains le sol du Danemark était entièrement couvert d'admirables forêts de hêtres. De nos jours, ces arbres étendent leurs rameaux épais sur le terrain du nord et dix-neuf siècles ne paraissent avoir exercé aucune influence appréciable sur la végétation de ces pays. Avant l'âge de bronze, il n'y avait pas de hêtres dans ces mêmes régions, alors couvertes de chênes ; pendant l'âge de pierre, enfin, le pin d'Écosse étendait ses noirs ombrages sur le même sol, et ces antiques forêts étaient déjà habitées par l'homme. On se rappelle sans doute que tous ces faits sont fidèlement rapportés par l'étude des tourbières. Si on ne peut faire que de vagues conjectures sur le nombre des générations de chaque espèce d'arbre qui couvre successivement le sol du Danemark, on peut arriver cependant à fixer un minimum déjà considérable. Si dix-neuf cents ans n'ont pas modifié sensiblement ces forêts, quelle série de siècles n'a-t-il pas fallu pour que le pin ait cédé la place au chêne,

pour que le chêne ait disparu à son tour pour être remplacé par le hêtre!

L'étude des progrès de l'esprit humain ne nous apprend-elle pas encore que la civilisation marche d'autant plus vite qu'elle atteint un niveau plus élevé; ne nous montre-t-elle pas, par exemple, l'énormité du temps qui a dû s'écouler entre le jour où les hommes isolés ne connaissaient pas l'art d'échanger leur pensée, et celui qui a vu naître l'alphabet. L'invention la plus simple est souvent celle qui a exigé la plus grande continuité d'efforts les mieux soutenus, et ce n'est certes pas en un jour que s'est développée l'antique civilisation de l'Égypte. César nous fait voir dans l'ancienne Gaule tout un peuple de cultivateurs expérimentés, et tout un pays recouvert d'abondantes moissons. Or, l'agriculture est une science de faits; elle suppose de longues observations, et il a certainement fallu aux hommes toute une succession de siècles pour devenir habiles dans l'art de creuser un sillon.

Tout, en un mot, nous tient le même langage sur la haute antiquité de notre espèce; et si des chiffres exacts ne peuvent être inscrits dans les annales de la science, si nulle réponse ne peut être faite à toute question précise, il nous est permis de dire avec conviction que l'humanité est bien vieille.

Nous savons que l'homme vivait bien avant l'histoire et qu'il taillait et façonnait des instruments en silex : mais nous n'avons rien vu jusqu'ici qui nous donnât sur sa constitution physique des détails précis; l'examen de quelques débris antiques nous éclaire à ce sujet et nous fournit les plus précieux renseignements.

Les ressemblances nombreuses qui semblent rapprocher l'homme anté-historique et quelques-uns de nos sauvages actuels ne pourraient-elles pas nous conduire à penser que ces sauvages sont peut-être les derniers représentants des peuplades qui couvraient autrefois la superficie des continents? Les lacustres de la Suisse, les premiers habitants du Danemark n'auraient-ils pas été refoulés dans le Nord par des envahisseurs moins arriérés? Les Lapons chez lesquels on retrouve encore le renne ne seraient-ils pas les descendants des hommes de l'âge de pierre en Europe? Les analogies frappantes que l'on observe entre l'homme avant l'histoire, dévoilées par la paléontologie moderne, et certains sauvages actuels étudiés par les explorateurs, se retrouvent d'une manière plus frappante encore en comparant les crânes de ces premières peuplades avec

ceux des naturels qui habitent encore de nos iours quelques parties du globe.

Quelques crânes trouvés dans le sein de la terre, notamment ceux d'Engis et de Neanderthal dont il n'est pas possible de dévoiler l'origine, mais dont on ne peut nier la grande ancienneté, nous en offrent un précieux témoignage. D'après les études et les observations du célèbre professeur Huxley, il en résulterait que le crâne de Neanderthal entre autres doit se placer, d'après son volume intérieur, entre les crânes des gorilles et les crânes humains, et qu'il se range à côté de ceux des naturels modernes de certains pays. « Ces ressemblances entre ces anciens crânes et leurs analogues modernes d'Australie, dit Huxley, ont un immense intérêt pour qui réfléchit que la hache de pierre est aussi bien l'arme et l'instrument du sauvage moderne que du sauvage des temps passés; que l'un utilise les os du kangourou et de l'émeu comme l'autre le faisait de ceux du daim et de l'urus; que l'Australien entasse les coquilles de mollusques qui lui ont servi de nourriture, en monticules qui représentent les amas de débris du Danemark. »

L'analogie qui rapproche ces crânes d'hommes primitifs et ceux du singe a une importance immédiate au point de vue des doctrines nouvelles qui s'agitent au sein des sciences naturelles modernes, et qui touchent à l'origine de la famille humaine. Les anciens dépôts de la croûte terrestre nous offrent les traces d'une progression constante dans l'organisation des formes vivantes; les feuillets superposés qui constituent l'épiderme du globe, nous montrent le développement de la vie organique; et l'étude des débris qu'ils récèlent paraît être l'indice d'une évolution graduelle de la puissance créatrice qui se signale par une tendance progressive vers le type le plus élevé de l'organisation animale. Tout un enchaînement systématique apparaît à la vue de la série des transformations qui se sont manifestées à la surface du sphéroïde terrestre; et en étudiant la succession des êtres qui ont animé le globe, en observant les rapports qui les unissent, les analogies qui les rapprochent, on se demande si, dans le cours des âges, chaque type ne s'est pas graduellement élevé, en passant par toute une série de transmutations, si chaque espèce nouvelle qui apparaît à la surface de la terre n'est pas due à la modification d'une espèce précédente.

Un grand nombre de naturalistes considèrent la théorie de la transmutation comme un des monuments les plus importants de notre siècle, en faisant observer que si quelques-unes de ses parties paraissent encore incomplètes, c'est que tout ce que nous savons en paléontologie n'est rien en comparaison de ce que nous avons à apprendre, et qu'il manque encore bien des documents à nos annales naturelles. Si quelques anneaux font défaut dans la chaîne des êtres connus, faut-il en tirer la preuve de lacunes existant dans le cours des événements naturels, faut-il en conclure l'action intermittente de la force créatrice, faut-il détruire l'admirable connexion qui existe entre les organismes qui s'éteignent et ceux qui les remplacent? M. Vogt et quelques autres savants ne craignent pas d'affirmer que la race humaine est englobée dans cette même série de développements, et arrachant à l'homme ses titres de noblesse, ils lui donnent pour ancêtres les grands singes anthropoïdes d'espèces éteintes, sans doute supérieurs au gorille. L'espèce mère de l'homme aurait disparu devant le nouveau venu, comme de nos jours les Peaux-Rouges s'éteignent sous l'envahissements des colonies européennes, comme les nègres se dispersent à l'approche des Soudaniens plus civilisés. La nature ne semble-t-elle pas avoir voulu que la vie et la mort, que la création et la destruction soient dans une lutte perpétuelle : une espèce ne peut se développer sans que d'autres espèces s'éteignent, et nous voyons chaque jour l'extension de la famille humaine être immédiatement suivie par la destruction des autres enfants de la nature[1].

L'origine des espèces[2], « ce mystère des mystères, » est une de ces questions qu'il ne sera peut-être jamais possible d'éclaircir; quoi qu'il en soit, l'esprit humain, sans cesse animé d'un insatiable besoin de connaître, s'épuise en vains efforts pour effacer le passé et dévoiler l'avenir. En présence de l'éternelle transformation du monde vivant, l'homme se demande s'il est le dernier terme de l'échelle des êtres, le dernier effort de la puissance créatrice ou si, englouti à son tour dans un nouveau naufrage, il doit dispa-

[1] Sans admettre que l'homme est un singe perfectionné, on peut supposer que l'homme et le singe descendent d'une même espèce, dont les vestiges n'auraient pas été conservés jusqu'à nous. Ces hypothèses ne sont, au reste, que vraisemblables ; elles ne sont basées sur aucune donnée certaine.

[2] Voir l'article de M. Vignes sur l'*Origine des espèces* (3e année de l'*Annuaire*).

raître de la scène du monde pour laisser la place à d'autres êtres d'une essence plus épurée.

En considérant la loi du progrès qui régit le monde physique et le monde moral, certains philosophes allemands ne craignent pas de répondre affirmativement à cette question, et quelques-uns d'entre eux appellent même les chiffres à leur secours pour faire ressortir l'évidence de leurs assertions. Nous nous garderons d'entamer un tel sujet, quelque intérêt qu'il puisse offrir; nous voulons nous défendre des écarts de l'imagination, qui, pour pénétrer trop en avant dans les secrets de la nature, nous entraînerait loin du cercle tracé jusque dans le domaine de la métaphysique; imitons la sage réserve de Bacon qui voulait toujours « mettre des plombs aux ailes de la pensée. » La philosophie moderne doit reculer devant un si redoutable problème, et l'avenir lui échappe; il lui est actuellement permis d'aborder le problème inverse, relatif à l'origine de l'homme, d'en espérer la solution et d'entrevoir le moment où le passé tout entier lui appartiendra. L'humanité ignore sa destinée, mais elle peut arriver à connaître son origine; elle ne sait pas où aboutit le fleuve dont elle suit le cours, mais un jour peut-être elle en dévoilera la source.

Buffon disait, il y a un siècle: « Quelque intérêt que nous ayons à nous connaître nous-mêmes, je ne sais si nous ne connaissons pas mieux tout ce qui n'est pas nous. » Les progrès de l'anthropologie répondent à ce reproche d'un de nos plus grands naturalistes qui comprenait déjà que les sciences naturelles ne peuvent faire de véritables progrès si la place de l'homme dans la création n'est pas marquée d'une manière irrécusable.

GASTON TISSANDIER.

ZOOLOGIE

DES POISSONS VOYAGEURS

QUI, A L'ÉPOQUE DE LA REPRODUCTION, ABANDONNENT LA MER
POUR REMONTER LES FLEUVES
ET SONT DITS POISSONS ANADROMES,
OU QUITTENT LES FLEUVES ET DESCENDENT A LA MER.

Parmi les questions que soulève l'étude des habitudes et du genre de vie des poissons, il en est une qui offre beaucoup d'intérêt. Je veux parler de la diversité de leurs stations. Il serait trop long d'énumérer toutes les causes qui les font varier. J'ai pour but, en ce moment, de m'arrêter à l'examen de celles qui déterminent, à des époques presque fixes, l'apparition de différentes espèces sur des points où elles ne se montrent, et souvent en très-grand nombre, que temporairement. Ainsi, le long de certaines côtes, l'apparition régulière de troupes de telle ou telle espèce de poissons donne lieu, chaque année, à d'abondantes pêches. La morue, le maquereau, le thon, le hareng et la sardine constituent, par leur incroyable multiplicité, une source de richesse pour les contrées dont ils peuplent momentanément les rivages.

La pêche n'est pas moins active sur les rivières au moment de la montée des poissons dits *anadromes* (du grec *ana* en arrière et *dromos* course) qui, abandonnant, pour un temps, la mer, nagent contre le courant selon la signification même du mot employé pour les désigner, et vont frayer le plus près possible des sources. D'autres, au contraire, quittent pour le même motif, les eaux douces et y rentrent après avoir séjourné dans la mer [1].

[1] Je n'aurai point à m'occuper des espèces assez peu nombreuses qui, presque toujours confinées dans les mers, habitent cependant quelquefois, et sans en sortir jamais, les rivières et les lacs. Les Bélones ou Orphies. entre autres, sortes de brochets à long museau et à squelette coloré en vert répandues dans presque toutes les mers et, plus spécialement, dans l'océan Indien, se trouvent aussi dans les eaux douces de l'archipel de l'Inde.

Ces déplacements périodiques ont été remarqués dès les temps anciens, et Guill. de Salluste, seigneur du Bartas, n'a pas manqué de les rappeler dans le cinquième jour de la *Sepmaine* ou *création*, poëme de 1582, dont le naïf langage s'applique, avec grâce, aux faits relatifs à l'histoire naturelle, telle qu'elle était connue alors, c'est-à-dire, d'après Aristote, Pline, Ælien et surtout, en ce qui concerne les poissons, d'après Rondelet et Belon :

> Mais ce grand Dieu.....
> Ne les fit seulement différents de figure,
> Ains beaucoup plus de mœurs.....
> L'un vit ès douces eaux, l'autre dans l'Océan,
> L'autre quittant la mer, voyage chacun an
> Dans la proche rivière, et, suivant ses fortunes,
> A le commerce franc par tous les deux Neptunes.
> . . . .
> Tout ainsi, le saumon, le creint-foudre coulac [1],
> La lamproye estoilée et le vanté créac [2],
> Les tempesteuses mers au printemps abandonnent,
> Et dans les flots courans mil plaisirs se donnent [3].

Il n'est pas sans utilité de présenter une histoire un peu détaillée des poissons voyageurs au moment où vient d'être votée notre nouvelle loi sur la pêche, d'autant plus que le conseil d'État et le Corps législatif [4] se sont montrés fort préoccupés du désir de ne rien négliger de ce qui peut faciliter la remonte des poissons anadromes. De sages mesures, en outre, ont été prises en vue de faciliter le repeuplement des côtes et d'accorder la protection indispensable, pendant la durée du frai, non-seulement aux espèces qui, à cette époque, se déplacent, mais encore aux espèces sédentaires.

I

Restreignant mon sujet [5], je m'occuperai uniquement de l'anadronisme [6].

[1] Alose.
[2] Esturgeon en provençal.
[3] Page 145, vers 13 et suivants, édition in-32.
[4] On consultera avec intérêt et profit le rapport présenté à la Chambre des Députés, par M. de Dalmas, au nom de la commission chargée d'examiner le projet de loi. Il est inséré dans le *Bullet. Soc. d'acclimat.* 1865.
[5] Voyez, à la fin de ce travail, ce que je dis des poissons nommés à tort migrateurs.
[6] L'intérêt que cette question de zoologie présente à divers points de

Les exemples en sont variés.

I. — Je parlerai d'abord de l'*Alose*[1]. La plupart des fleuves tributaires des mers qui baignent les côtes de l'Europe la reçoivent au printemps, un peu plus tôt ou un peu plus tard suivant leur position géographique, et ils donnent également asile à la *Feinte* avec laquelle l'alose est parfois confondue[2].

vue a été signalé par M. de Quatrefages, dans un discours sur la *fertilité et la culture de l'eau*, prononcé, en 1862, dans la séance publique annuelle de la Société impériale zoologique d'acclimatation : « J'aurais aimé, dit-il, à traiter avec quelque détail la grande question des poissons migrateurs qui rapportent dans nos fleuves, sous la forme d'aliments savoureux et sains, tout ce qu'ils ont mangé, en mer, d'animaux inutiles ; j'aurais pu vous montrer alors l'importance des aménagements qui facilitent la remonte de certaines espèces, et vous montrer, par l'exemple des Anglais, comment une petite rivière, jusque-là improductive, peut donner, en quelques années, 25,000 francs de revenu net. » (*Bulletin*, 1862, p. LXV).

[1] Le mot *Alausa*, dont on a fait alose, se trouve pour la première fois dans le poëme sur la Moselle (*Mosella*), composé par Ausone, poëte latin du IVe siècle. Il y fait une énumération de poissons communs parmi lesquels il comprend l'alose, « que la populace, à qui elle sert de mets, fait cuire sur le gril. »

Quis non.....
Norit.....
Stridentesque focis opsonia plebis alausas?

Les anciens avaient certainement observé l'espèce, mais on hésite entre différents noms qui ont pu servir à la désigner.

[2] Les Feintes, dont le nom vient peut-être du nom flamand *Vint*, sont bien moins recherchées pour la table que les aloses. Elles se distinguent, le plus souvent, de ces dernières auxquelles elles ressemblent beaucoup dans leur aspect général, par la présence de quelques petites dents sur les mâchoires. Aussi, les marchandes de poissons ont-elles soin de maintenir ouverte la bouche des aloses, afin de rendre la constatation facile à l'acheteur, dont elles obtiennent un prix plus élevé quand il s'est assuré qu'il n'y a pas d'armure dentaire. Ce n'est pas là seulement ce qui permet de ne point confondre entre eux les deux poissons ; même, dans le jeune âge, cette différence n'est pas toujours appréciable, l'alose ayant d'abord des dents qu'elle perd pendant sa croissance. Ce qui, au contraire, ne varie pas et constitue une distinction spécifique évidente, ce sont les dimensions proportionnelles plus considérables de sa bouche et de sa vessie natatoire, puis la multiplicité, le volume et la longueur des épines que porte le bord concave des arcs branchiaux où se voient, chez la feinte, des prolongements plus rares, plus courts et plus grêles. Tel est le résumé des recherches de M. le professeur Troschel sur ce sujet (*Arch. für naturgeschichte*, 1852, p. 228) et d'observations encore inédites de M. A. Thomas, de Nantes, qui m'ont été communiquées par lui et dont j'ai reconnu la parfaite exactitude. Elles ne laissent aucun doute

Des observations précises qu'il serait très-intéressant de multiplier [1] en les répétant sur des points plus variés, ont été faites par M. E. de Sélys-Longchamps, pour déterminer l'époque où commence la remonte des Aloses dans la Meuse, à Liége, pendant une période de 17 années. (Observat. sur les phénomènes périodiques du règne animal : *Mém. Acad. sciences, lettres et beaux-arts de Belgique*).

Elles ont fourni les résultats suivants :

1842.	15 avril.	1851.	1er avril.
1843.	12 —	1852.	7 —
1844.	11 —	1853.	5 —
1845.	23 —	1854.	5 —
1846.	7 —	1855.	14-18 —
1847.	14 —	1857.	7 —
1848.	4 —	1859.	14 —
1849.	5 —	1860.	19 —
1850.	10 —		

On voit, en prenant les dates exceptionnelles de 1851 et de 1845, que, dans cette période de 17 années, il n'y a pas eu plus de 23 jours de différence entre les limites extrêmes de la période dont la moyenne donne la date du 10 avril. En laissant de côté les deux années indiquées, on a la preuve que l'époque de la remonte de l'alose est peu variable.

Dans la Loire, où sa régularité n'est pas moins frappante, elle est, suivant la remarque de M. A. Thomas, peut-être un peu plus hâtive, c'est-à-dire qu'elle commence dès les premiers jours d'avril. il considère, au reste, l'époque où elle s'effectue comme soumise à l'influence de la température; ainsi, cette année (1865), le pois-

sur la séparation à établir entre l'alose et la feinte. Ajoutez, d'ailleurs, que cette dernière remonte plus tard. Dans le Rhin, par exemple, elle ne paraît qu'en juin, et, dès le commencement de mai, on y trouve l'alose (Troschel, *loc. cit.*).

[1] On ne saurait trop recommander quelques-unes des conditions énoncées à la suite du mémoire mentionné ci-dessus de M. de Sélys-Lonchamps, dans l'extrait du programme pour l'observation des phénomènes périodiques dressé par M. Quételet : 1° Indiquer, à des stations situées sur les grandes rivières et les fleuves, *a* l'époque où remontent, au printemps, les espèces de la famille des clupes dites aloses, feinte et sardine; *b*, de même pour les saumons et les truites; *c*, pour les esturgeons. — 2° Quant aux poissons qui ne quittent pas la mer, observer, dans les ports ou sur les côtes, l'époque où arrivent les premiers harengs et les premiers maquereaux.

son a été un peu retardé en raison des froids prolongés. Le contraire a lieu si la saison reste moins longtemps rigoureuse.

Quand on cherche à déterminer le moment précis de l'arrivée de l'alose, on ne doit prendre comme date du début de son apparition que celle du jour où elle se montre par bandes, car des individus isolés sont pêchés quelquefois bien plus tôt. A Nantes par exemple, on en a vu prendre au commencement de mars, et même en 1863, le filet ramena un de ces poissons le 11 février ; mais ce sont des faits exceptionnels.

Le trajet contre le courant paraît avoir des limites assez précises. Ainsi, dans la Seine, elle s'arrête à 90 kilom. de l'embouchure, puisque M. le professeur Pouchet, qui a beaucoup étudié la migration périodique de l'alose, me signale son absence dans le fleuve au delà du pont de Rouen. Elle s'arrête même, me dit-il, à deux kilomètres au-dessous de cette ville, à un endroit nommé le Petit-Quévilly. Dans de rares circonstances, on en a pris en amont de Rouen; elles étaient dans un véritable état maladif. On en a trouvé aussi jusqu'à Pont-de-l'Arche, mais c'est une anomalie. La pêche, ajoute-t-il, commence en avril; et vers la fin de mai tout disparaît.

Dans le Guadalquivir, elle va bien plus loin; car la ville d'Epora, qui était située au-dessus de Cordoue, éloignée de la mer par une distance de 176 kilom., avait, en raison de l'abondance de la pêche, fait figurer une alose sur ses médailles. (Noël de la Morinière, *Hist. des pêches*, t. I, p. 183.)

Cette année, à Nantes, contrairement à ce qui a lieu d'ordinaire, les aloses n'ont pas quitté la Loire en juin, puisqu'on en a apporté quelques-unes sur le marché à la fin de juillet. Elles étaient fort maigres, comme le sont les poissons qui ont frayé.

II. — Une famille de poissons riche en espèces très-estimées à cause de l'excellence de leur chair, celle des *Salmonoïdes* [1], fournit beaucoup d'exemples d'anadromisme. Caractérisée par la position des nageoires paires postérieures sous la région ventrale et par l'absence de rayons épineux aux dorsales, elle se distingue

[1] Dénomination tirée de celle du genre principal nommé par Pline *Salmo*, mais inconnu des Grecs. Faut-il en chercher l'origine dans le verbe *salio*, je saute, à cause des bonds que le saumon fait souvent au-dessus de l'eau pour franchir les obstacles qu'il rencontre sur sa route?

des autres Malacoptérygiens abdominaux par la présence sur le dos, d'une seconde nageoire formée uniquement par la peau et sans rayons, dite nageoire adipeuse [1].

I. Les saumons font partie du groupe des poissons marins, dont Rondelet dit (*Hist. des poiss. de rivière*, p. 122) en parlant de ceux qui « accourent de la mer» : «ils aiment tant l'eau douce qu'ils ne cessent jamais de monter, voire aucuns, jusques à la source mesme des fontaines d'où les dites rivières prennent leur commencement ». Dans la Loire, le plus long fleuve de la France, dont le cours n'a pas moins de 1126 kilomètres où ils entrent vers la mi-octobre et quelquefois dans les premiers jours du même mois comme M. A. Thomas l'a bien constaté [2], ils entreprennent de longs voyages, car on en trouve au Puy en Vélay peu distant de la source; et sur bien des points éloignés de l'embouchure, comme aux Ponts de Cé près Angers, l'on en prend assez abondamment [3].

Les contrées septentrionales de l'Europe [4] et les Iles Britanniques,

[1] Dès 1806, dans sa *Zoologie analytique*, mon père s'était servi du caractère tiré de l'adipeuse pour désigner le groupe dont il s'agit, sous le nom de Dermoptères : dénomination très-justifiée, car dans l'une des divisions du groupe, laquelle a, pour type, le genre Characin, la forme générale du corps est différente de celle des vrais saumons. En outre, chez ces derniers, les os sous-orbitaires ont moins de développement et le système dentaire est bien plus simple.

Beaucoup de Siluroïdes ont, il est vrai, une nageoire cutanée comme les Dermoptères, mais ils se distinguent de ceux-ci par un ensemble de particularités si notables, que la présence de l'adipeuse constitue un caractère secondaire.

[2] La ponte du saumon, comme celle de la truite, a lieu en automne et en hiver, avec quelques variations suivant les lieux et les climats, de novembre à février. Les Madeleinaux ou saumons de la Madeleine, nommés ainsi à cause de l'époque où ils se montrent, dans la Loire, c'est-à-dire vers le milieu de juillet, appartiennent-ils à une espèce distincte? Je reste, sur ce point, avec M. A. Thomas, dans l'incertitude.

Le saumon bécard (*Salmo hamatus*) fait son apparition dans la Loire au printemps.

[3] Duhamel (*Traité des pêches*, partie II, section II, p. 188) discute les motifs auxquels on a attribué le déplacement périodique des saumons. On sait, aujourd'hui, de la façon la plus positive, que l'anadromisme n'a d'autre cause que la nécessité pour certains poissons marins de trouver des eaux probablement plus favorables que celles de la mer, au développement des œufs et des jeunes.

[4] Dans ces contrées, les Salmonoïdes anadromes appartiennent à différentes

particulièrement l'Écosse, savent tirer de la remonte des saumons de très-beaux profits, par l'établissement et le sage entretien de pêcheries qui ont une haute importance commerciale [1].

C'est en effet à leur entrée dans les fleuves et pendant qu'ils y séjournent, que l'homme leur dresse des piéges et fait usage contre eux d'engins variés ; mais on ne connaît pas leurs retraites dans le fond des mers, et, si ce n'est par exception, on ne les prend point au large. Nul doute cependant ne peut exister sur leur retour dans les eaux salées. Comme Valenciennes le fait observer (*Hist. des poissons*, t. XXI, p. 192), on en trouve dans les mares que la mer forme en se retirant et dans les parcs établis près des côtes sous forme d'enceintes destinées à retenir

espèces. L'une des plus précieuses par l'abondance de ses troupes voyageuses est la Corégone, dite *Coregonus omul* Lepéchin, qui, à la fin de l'automne, sort de la mer glaciale pour entrer dans la Léna, le Jénissée et le Petschora.

[1] Sans entrer dans le détail des produits fournis par la pêche, je me bornerai à rappeler quelques faits.

M. le professeur Coste, dans un Rapport adressé à l'Empereur, en 1859 et inséré dans son *Voyage d'exploration sur le littoral de la France et de l'Italie*, p. 213, 2e édition (1861), a dit : « Les pêcheries fluviales d'Écosse et d'Irlande où tout est subordonné à l'élève de deux espèces, la Truite et le Saumon, dont on prend autant de soin dans les rivières que du bœuf et du mouton dans les pâturages, fournissent aux détenteurs de ces métairies aquatiques un revenu brut de 17,500,000 francs par an, et l'on estime qu'une exploitation progressivement perfectionnée en aura bientôt doublé le produit. Une loi votée par le parlement en 1861 va relever l'Angleterre, comme il y a tout lieu de le supposer, de la décadence où sont tombées ses pêcheries comparativement à celles des autres contrées des Iles Britanniques. »

M. Coumes, ingénieur en chef des ponts et chaussées, chargé des travaux du Rhin et de l'établissement de pisciculture d'Huningue, dans un *Rapport* de novembre 1862 *sur la pisciculture et la pêche fluviale en Angleterre, en Écosse et en Irlande*, publié en 1863, a émis l'opinion que la loi dont il s'agit portera, en quelques années, le rendement brut des pêches au chiffre indiqué par M. Coste, mais qui semble avoir été un peu exagéré en 1859 et même, par suite des protections accordées au poisson par la loi nouvelle, le produit, suivant l'avis des inspecteurs, sera décuplé pour l'Angleterre.

Le passage suivant emprunté à M. Coumes (*loc. cit.*, p. 51) montre la supériorité des produits fournis par les pêcheries de l'Écosse : « Si, dit-il, on pose en nombres ronds la superficie territoriale de chacune des trois parties du Royaume-Uni comme il suit : l'Angleterre 151,000 kilomètres carrés, l'Écosse 81,000, et l'Irlande 84,000; les produits bruts rapprochés de ces chiffres font ressortir le produit par kilomètre carré, à 3 fr. en Angleterre, 89 fr. en Irlande et 123 fr. en Écosse. »

les poissons au moment du reflux. Quelquefois enfin, on en voit, après les gros temps, qui restent échoués sur le sable.

Rien ne semble les arrêter dans leur ardeur à franchir les embouchures des fleuves ou à se rapprocher de plus en plus des sources, quelles que soient les difficultés qu'ils aient à surmonter. Ils n'y réussissent pas toujours, mais ils ne rétrogradent point pour aller s'engager dans un autre courant plus tranquille. Ils renouvellent les tentatives et souvent se tuent en tombant, soit sur les rochers des cascades, soit sur les murs ou les pièces de bois des travaux d'art exécutés pour la construction des barrages.

Les contractions musculaires de la queue, principal agent de la locomotion, sont tellement puissantes, que le saumon s'élance jusqu'à 3 mètres 50 centimètres et même à 4 mètres au-dessus de l'eau, et il n'est pas rare de le voir franchir des chutes de 2 mètres et de 2 mètres 50 centimètres. Comme c'est dans les rivières rapides qu'il s'engage le plus volontiers, on a imaginé d'ingénieuses dispositions au-devant des différences de niveau pour faciliter l'ascension du poisson dont on assure ainsi la reproduction, en permettant aux individus que le filet n'atteint pas d'arriver sur des points plus rapprochés des sources où la ponte peut s'effectuer dans des conditions favorables au développement des œufs.

Les échelles à saumons inventées en 1834 seulement, par l'écossais Smith, donnent des résultats excellents partout où elles ont été établies. Elles procurent au poisson les moyens de franchir les barrages naturels ou artificiels en diminuant, par des arrêts disposés de distance en distance, la hauteur des chutes.

On a fait subir aux échelles diverses modifications, suivant les conditions particulières des lieux où elles devaient être placées, et, des modèles variés ont figuré à l'Exposition universelle de 1855. En France, maintenant, on se sert de constructions analogues à celles qui ont été employées d'abord sur les rivières du Royaume-Uni. M. Coste, qui a décrit et figuré les différents systèmes de barrages proposés pour rendre praticables au saumon des passages jusqu'alors inaccessibles, a donné des détails sur une échelle à saumons établie au barrage de Mauzac, sur la Dordogne. (*Appendice* au *Rapport* sur son *Voyage d'exploration déjà cité*, pages 253-260.)

Depuis cette époque, on en a organisé une autre sur le Tarn, et peu à peu, sans doute, on les multipliera partout où le besoin s'en fera sentir, afin d'accroître la richesse des eaux, qui, par leurs qualités de courant, de limpidité et de température, attirent le saumon.

M. Coumes, dans son *Rapport*, a complété l'histoire de l'invention écossaise, en décrivant et en comparant entre elles les diverses échelles des Iles Britanniques (p. 14-21, avec figures), et il a accompagné ses descriptions de considérations très-justes sur tout ce qui se rattache à leur emploi. Ne pouvant pas entrer ici dans tous les développements que ce sujet comporterait, je me contenterai de citer, d'après M. Coste, un exemple des résultats obtenus sur un point où jamais les saumons n'avaient jusqu'alors pu arriver.

« En Irlande, près de Sligo, trois petites rivières, l'Arrow, la Colloones et la Colaney, se réunissent et se précipitent à pic dans la mer d'une hauteur de plus de 6 mètres. Toute communication entre la mer et la rivière étant ainsi impossible pour le poisson, ces trois rivières se trouvaient privées du précieux saumon. Un propriétaire, M. Cooper de Makrec-Castle, eut l'idée d'établir, près de ce petit Niagara, une échelle, et l'essai réussit au delà de ses espérances. Dès la première année, on vit quelques saumons remonter l'échelle; l'année suivante, on en compta 400, et la troisième année (1857), un fermier demanda à louer la pêche au prix annuel de 500 livres sterling (12,500 francs). Aujourd'hui (1861), ce revenu a déjà doublé de valeur. »

On attire ainsi le poisson dans des eaux qu'il ne fréquentait pas, en mettant à profit sa tendance à pénétrer dans celles qui vont à la mer. Là où l'accès lui est possible, il franchit les embouchures et déploie toutes ses puissances musculaires pour triompher de la rapidité du courant et s'éloigner de la mer, tantôt en suivant le lit principal, tantôt en le quittant pour aborder et remonter les affluents; mais on peut aussi réussir à diriger le saumon dans des fleuves et des rivières qu'il n'avait jamais fréquentées. On en a eu la preuve par le récit des succès rapides obtenus près de Sligo. Cependant, il est positif que les saumons retournent, chaque année, à moins de circonstances particulières analogues à celles que je viens de rappeler, dans les eaux où ils ont déjà frayé, et les

jeunes individus, après être descendus à la mer, remontent dans celles où ils sont nés [1].

Deslandes (*Recueil de différents traités de physique et d'histoire naturelle*, 3e édition, 1750, t. I, p. 127 et 128) rapporte une expérience très-probante exécutée à Chateaulin en Bretagne (département du Finistère). Il fit mettre un petit anneau de cuivre à la queue de douze saumons pêchés pendant qu'ils descendaient la rivière, puis on les y rejeta.

« On en reprit quelques-uns au même endroit: une année, cinq, une autre année, trois, une autre enfin, deux. »

La retour des saumons a été bien des fois constaté à l'aide de moyens peu différents de celui que Deslandes employa. Ainsi, Duhamel parle (*Traité des pêches*, partie II, section II, p. 189), mais sans entrer dans aucun détail précis, de saumons qu'on re-

[1] Les différences que présentent les saumons, surtout dans leur coloration aux divers âges, ont jeté, pendant longtemps, une grande incertitude sur la détermination précise de l'espèce dont on séparait les petits Salmonoïdes à bandes verticales que les Anglais nomment *Parrs*. Les observations très-précises de M Shaw, et des expériences suivies avec grand soin à l'établissement de pisciculture de Stormontfield, dans le comté de Perth, en Écosse, sur des animaux auxquels des marques avaient été faites, ont prouvé que les *Parrs* sont les jeunes du saumon ordinaire et ne représentent pas une espèce distincte; par conséquent, il faut rayer des cadres zoologiques le *Salmo salmulus* de Turton et des ichthyologistes qui l'ont suivi.

Deux autres dénominations sont également employées sur les côtes d'Angleterre et désignent, en réalité, des âges différents. On y nomme *Smolts* ou frétin de saumon (*Salmon fry*) des individus qui, ayant perdu la livrée des *Parrs*, vont, pour la première fois, à la mer. On applique le nom de *Grilses* aux sujets qui remontent dans les rivières en juillet et en août après être descendus en mai et en juin. Pendant leur court séjour de huit ou neuf semaines au milieu des eaux salées, ils atteignent le poids de 1 kilog. 1|2 à 3 kilog. 1|2. Durant la deuxième migration, la croissance continue moins rapidement, mais dans des proportions encore considérables, et les *Grilses* en reviennent à l'état de *Saumons*, ayant triplé de poids.

L'opinion des naturalistes qui considérent le *Parr* comme type d'une espèce particulière, et M. Couch la soutient encore (*Hist. fish. brit. islands*, tome IV, p. 245-252, pl. CCXXI), est fondée sur ce qu'on le trouve, en toute saison, dans les rivières à saumon. Or, comme M. Coumes le dit (*Rapport*, etc., p. 31), des observations soignées ont fourni l'explication du fait : « elles montrent que les *Parrs* n'émigrent pas tous au même âge. Il en est qui se dirigent vers la mer au printemps qui suit l'année de leur naissance, c'est-à-dire à l'âge de douze à quinze mois, tandis que d'autres, dont la constitution, la taille, la transformation ne sont pas assez avancées, attendent deux ans et quelquefois trois ans. »

trouva six mois après qu'un ruban leur avait été attaché à la queue, et qui avaient beaucoup grossi durant cet espace de temps. Plus tard, on a imaginé, dans des expériences faites en Écosse et en Irlande, de se servir d'anneaux de gutta-percha. On a aussi enlevé la nageoire adipeuse, ou bien l'on a pratiqué, à l'aide de l'emporte-pièce, un trou, soit dans l'opercule, soit dans la nageoire caudale.

« On voit, dit M. Coste (*Rapport*, etc., 1861, p. 220), un permanent témoignage de la fidélité du saumon à son quartier natal dans le golfe de Murray (comté d'Inverness en Écosse) où se jettent trois rivières, le Ness, le Thin, le Bearly dont chacune produit une race particulière facilement reconnaissable à sa conformation caractérisée. Ces trois variétés vont donc, tous les ans, se mêler ensemble dans le golfe, pour y pâturer sur un fonds commun ; mais quand l'instinct de la reproduction les entraîne vers les lits de ponte, les troupeaux se séparent, et chaque colonie rejoint son cours d'eau respectif, comme l'oiseau voyageur le climat où il doit faire son nid. »

De même, en Irlande, ainsi que nous l'apprend W. Thompson (*Annals and Magaz. natur. hist.*, 1844, t. XIV, p. 24), on a pu s'assurer, en raison de certaines particularités distinctives des saumons propres à deux rivières voisines, le Bann et le Buch, qu'ils ne retournent pas indifféremment dans l'une ou dans l'autre de ces rivières, à l'époque de la reproduction, mais qu'ils remontent le cours de celle où ils ont pris naissance.

Un fait très-remarquable consigné par M. Coumes (*Rapport*, *loc. cit.*, p. 39) confirme les précédents. Une échelle établie à Galway, à l'ouest de l'Irlande, permettant aux saumons l'accès du lac Corrib et des rivières qui s'y jettent, certains affluents du lac dans lesquels ils n'avaient jamais frayé, en ont reçu des troupes venant y pondre deux ans après les incubations artificielles faites dans leurs eaux.

Après ce que je viens de dire sur l'instinct qui entraîne les saumons à accomplir, durant le cours de douze mois, et à époques fixes, une double migration des rivières et des fleuves vers la mer et des eaux salées vers les eaux douces, il semble singulier d'avoir à ajouter que ces changements périodiques de résidence ne sont pas absolument indispensables. Cependant, on le sait d'une façon positive : le saumon, s'il ne peut gagner la mer, se reproduit et

se développe. Parmi les différentes preuves qu'on a obtenues d'un fait si important par ses conséquences pratiques, je citerai celle qu'a fournie l'expérience accomplie aux environs de Paris, dans l'étang de Saint-Cucufa, près de Saint-Cloud. En avril et en mai 1857, plusieurs milliers de saumons âgés de deux mois, nés de fécondations artificielles dans les bassins du Collége de France, furent jetés dans l'étang. En 1859, après y avoir séjourné deux ans, leur poids ne dépassant pas 120 grammes, et leur taille 0^m 25 à 0^m 30, ils offraient un développement des organes génitaux suffisant pour que M. Coste pût faire pratiquer des fécondations artificielles dont le succès a été complet [1].

Des résultats identiques sont obtenus en Norwége, comme le fait connaître un *Rapport* adressé, par M. le docteur L. Soubeiran, à la *Société impériale zoologique d'acclimatation* (*Bulletin*), sur l'exposition internationale de produits et engins de pêche organisée, en 1865, à Bergen. Chargé d'étudier, en même temps que l'exposition, les questions qui se rattachent à la pisciculture, il a appris que des expériences entreprises sur une grande échelle ont donné de remarquables succès dans des lacs privés de communication avec la mer. Ainsi, dans plusieurs de ces lacs, surtout dans ceux qui offrent une grande superficie, on a obtenu, assez promptement, quoique la croissance soit moins rapide, des résultats satisfaisants. En un petit nombre d'années, on a pu pêcher des saumons du poids de 8 kilogr. Ces poissons se distinguent facilement de ceux qui émigrent à la mer par leur développement moindre dans le même espace de temps, quoique recevant une nourriture abondante, par la teinte moins rosée de leur chair néanmoins excellente et par l'aspect moins brillant de leurs écailles. A ces expériences commencées en 1857, manque encore, comme le fait remarquer M. Hetting, superintendant de la pisciculture en Norwége, cité par M. Soubeiran, la sanction du temps pour savoir si le saumon des lacs conservera ou perdra, après plusieurs générations, ses qualités primitives.

[1] Ce résultat, loin d'être isolé, a été constaté plusieurs fois. Outre une note de M. J. Cloquet sur ce sujet insérée au *Bulletin de la Société impériale zoologique d'acclimatation*, 1859, p. 255, on peut voir, dans le même recueil, des observations consignées par MM. Millet, le baron de Causans, Schram, Gillet de Grandmont, etc., *passim* et particulièrement, 1863, p. 261, 332, et 1864, p. 374 et 375.

La possibilité d'obtenir ainsi, dans des réservoirs naturels, des reproductions successives facilitera, par l'abondance des produits dont on dispose, l'enrichissement ou plutôt, pour me servir de l'heureuse expression de notre célèbre agriculteur Olivier de Serres, l'ensemencement des eaux où manque le saumon.

« L'expérience accomplie à Saint-Cucufa, dit M. Coste, dans l'*Appendice* de son *Rapport*, etc., page 219, à l'occasion de tentatives du même genre à faire dans le bassin des Settons, au milieu des montagnes du Morvan, prouve que l'industrie est en mesure de créer désormais des *saumoneries artificielles*, qui seront de véritables fabriques de graine animale. »

Pour en revenir au fait de la permanence du séjour des saumons dans l'eau douce, il importe de ne pas le considérer comme étant de nature à donner l'espérance de les voir, au milieu des bassins et des étangs isolés, atteindre la taille et le poids de ceux qui vont chercher à la mer les conditions les plus favorables à leur entier développement. La graine animale obtenue en profusion doit, pour fournir les plus utiles produits, être confiée aux eaux courantes, afin que les instincts migrateurs puissent être satisfaits.

Le saumon n'est pas le seul poisson de la famille des Salmonoïdes auquel la descente à la mer et le retour périodique dans les eaux fluviales ne soient pas absolument indispensables. Il est bien prouvé que les truites des lacs éloignés des eaux salées, entraînées, il est vrai, dans les rivières tributaires de ces lacs, se reproduisent chaque année et acquièrent de grandes dimensions. L'éperlan, poisson anadrome, peut se multiplier sans quitter les eaux douces dans lesquelles il est entré. Noël de la Morinière le dit dans son *Histoire naturelle de l'Éperlan*, p. 30, et le fait n'est plus douteux.

Dans la même famille des Salmonoïdes, la truite de rivière (*Salar*[1] *Ausonii*, Valenciennes) est, le plus habituellement, en dehors de la règle commune à la presque totalité des espèces du

[1] Ce mot, peut-être tiré, comme *Salmo* du verbe *salio*, je saute, se trouve dans un vers d'Ausone, qui exprime très-bien l'aspect de la truite de rivière dont les flancs sont semés de petites taches rouges :

Purpureisque salar stellatus tergora guttis.

Aussi, Valenciennes s'est-il servi, avec raison, du nom employé par le poëte pour désigner le genre auquel ce poisson appartient.

groupe [1], car si elle est quelquefois prise en mer, on la voit souvent se multiplier et passer toute sa vie dans les eaux douces qui n'ont aucune communication avec les eaux salées ; et elle semble devoir y rester confinée ; même, si la distance n'est pas grande, il peut se trouver des obstacles infranchissables. Ainsi, comme Duhamel le fait remarquer (*loc. cit.*, p. 205), on prend, à Saint-Omer (départ. du Pas-de-Calais), beaucoup de truites dans l'Aa dont les eaux sont très-vives, mais le saumon ne s'y trouve point, la rivière ne communiquant avec la mer que par des écluses. Par la même raison, les truites pêchées dans cette rivière ne viennent point de la Manche.

Pour ce qui concerne les truites lacustres, comme on le verra plus loin, elles sont bien réellement anadromes, quoiqu'elles n'aillent jamais à la mer.

II. L'*Éperlan* est un autre salmonoïde anadrome. On l'a nommé ainsi, dit Rondelet, « pour sa belle et nette blancheur semblable à celle de la perle. » Il a reçu un nom scientifique (*osmerus* du grec *osméros* odorant), destiné à rappeler qu'il répand de fortes émanations comparées, le plus souvent, au parfum de la violette [2] ou du thym, et que d'autres trouvent plus analogues à l'odeur de la pulpe des fruits de certaines cucurbitacées, des concombres en particulier. C'est bien un poisson marin. Vers l'équinoxe du printemps, il apparaît dans des eaux tributaires de la Manche, de la mer du Nord et de la Baltique, pour y pondre et y féconder les œufs.

[1] La distinction entre les saumons, les truites saumonées propres aux lacs et aux mers et les truites de rivières ou de ruisseaux, n'est pas toujours facile. Sans entrer dans aucune discussion, je crois devoir mentionner un caractère aisé à saisir quand on examine le palais de ces poissons. Il porte 2 rangées longitudinales de dents, sur l'os vomer, chez la truite de rivière (*Salar Ausonii*, Val.). Chez le saumon (*Salmo salmo*, Val.), l'os est complétement nu. Celui des truites saumonées (*Fario argenteus*, Val.), souvent égales en taille au saumon et fréquemment apportées sur nos marchés, n'est armé que de quelques dents disposées en une courte rangée longitudinale et irrégulière. La forme de la queue moins fourchue que chez le saumon et un système de coloration plus argenté et moins tacheté de noirâtre viennent aider à la détermination spécifique. Ajoutons, d'ailleurs, que la chair du saumon est rouge et celle de la truite saumonée d'un blanc rosé.

[2] Aussi, Belon (*Nat. et diversité des poissons*, 1554, p. 283) a-t-il dit : « Je l'oserois nommer *Viola* de diction latine, le voyant avoir odeur de violette. » — Cette odeur ne semble pas toujours agréable, car on l'assimile quelquefois à celle que répand le fumier.

Y a-t-il deux montées, l'une, au printemps, et la seconde, à l'équinoxe d'automne, comme le prétendent les pêcheurs de certaines localités des bords de la Seine contrairement à l'opinion de pêcheurs de localités différentes?

Les naturalistes qui se sont occupés de ce sujet et même Noël de la Morinière, dans son *Histoire naturelle de l'Éperlan de la Seine inférieure* publiée en l'an VI, à Rouen, restent indécis. Ce qu'il y a de positif, et j'ai reçu des indications sur ce point de M. le professeur Pouchet, c'est que l'arrivée dans la Seine de l'éperlan, venant de la mer, a lieu au printemps. A cette époque où il est plein, et amené par le besoin de frayer dans l'eau douce, il est très-abondant. On le recherche surtout alors à cause des qualités excellentes de sa chair. A la fin du printemps ou au commencement de l'été, la pêche perd de son importance, mais l'éperlan reste dans la Seine. Beaucoup d'individus sans doute retournent à la mer après avoir déposé et fécondé les œufs, et y descendent en compagnie des jeunes poissons; l'émigration cependant n'est pas générale comme celle d'autres espèces anadromes, dont la disparition semble complète quand l'œuvre qui les avait attirés dans les rivières, est consommée. La présence de l'éperlan dans les filets des pêcheurs durant toutes les saisons est une preuve évidente de la prolongation de son séjour en eau douce. Au milieu de l'année, pendant le développement, et par une sage mesure destinée à le protéger, la vente de l'éperlan est interdite dans la basse Normandie; si l'on ne suspendait le travail des pêcheurs dans des localités déterminées où le poisson afflue, il y aurait à craindre la diminution, si ce n'est même la destruction de l'espèce. Or, M. Pouchet le fait observer, c'est cette interdiction même qui, interrompant le débit qu'on voit reprendre lorsqu'elle est levée par les règlements administratifs, a fait croire à une seconde montée.

III. — Parmi les anadromes, il faut comprendre les *Esturgeons* [1]

[1] Esturgeon est tiré de *Sturgio* qui, comme *Sturio* de la latinité du moyen âge, provient de *Stor* (grand, long), ancien mot des langues septentrionales encore employé par les peuples du Nord pour désigner ce poisson. Les Italiens, imités plus tard par les Grecs, l'ont nommé *Acipenser* et *Acipensis*, *nomen italicum quod Græci scriptores seriores imitati sunt*, dit Schneider, dans la savante édition de l'ouvrage d'Artedi *Synonymia piscium*, p. 124). *Acipenser* a-t-il pour étymologie *acus pennarum?* L'acuité des nageoires pourrait peut-être motiver cette origine.

grands poissons cartilagineux dont la tête, le dos, les flancs et le ventre sont armés de pièces dures, développées dans l'épaisseur même des téguments, et dont la bouche, ouverte au-dessous comme chez les squales, est protractile, munie de barbillons et complétement privée de dents.

Ils habitent presque toutes les eaux de l'hémisphère boréal, et les espèces en sont nombreuses. On en trouve dans les fleuves tributaires de l'océan Arctique, et dans ceux de l'Europe qui ont leur embouchure dans la Baltique, la mer du Nord, la Manche, l'océan Atlantique et la Méditerranée. Ils s'engagent quelquefois dans des rivières et y remontent fort haut. On en a pris dans la Moselle jusqu'à Metz. « Je me souviens, dit Sonnini (*Hist. nat. poiss.*, t. IV, p. 343), d'en avoir vu pêcher un à Pont-à-Mousson, à cinq lieues de Nancy. » A deux ou trois reprises, on en a trouvé dans la Seine, auprès de Paris, et spécialement en l'année 1800, une femelle dont les ovaires contenaient 1,467,856 œufs.

Sur les rivages américains, il n'y en a pas moins que dans l'ancien monde; mais nulle part, ils ne sont plus répandus que dans les fleuves et dans les mers de la Russie méridionale.

Ainsi, on en pêche énormément durant le printemps, à l'époque de la remonte, dans le Danube, le Dniester, le Dnieper, le Don, l'Oural, le Volga, dans leurs affluents et dans les autres eaux qui alimentent non-seulement les mers Noire, d'Azof et Caspienne, mais encore les grands lacs.

Les pêcheries du Volga ont été décrites par le célèbre naturaliste Pallas dans ses *Voyages* (trad. de Gauthier Lapeyronie, t. I, p. 233 et suiv.; t. III, p. 442. et suiv.). Au printemps, les esturgeons quittent quelquefois la mer en bandes tellement serrées qu'un seul des Vatagas ou villages de pêcheurs qui s'établissent au bord des fleuves à l'époque où le poisson passe, peut prendre, pendant les quinze jours que dure la montée, jusqu'à seize ou vingt mille esturgeons de l'espèce dite Sterlet (*Acipenser ruthenus*).

Les Russes apportent une extrême activité à cette pêche à cause des profits que procure la vente du condiment préparé avec les œufs et connu sous le nom de Caviar, de l'Ichthyocolle fournie par la vessie natatoire, puis enfin de la chair qui, presque ferme comme celle du veau, se mange fraîche et salée; elle constitue un aliment sain et d'une saveur agréable [1].

[1] Ce poisson fut, à une certaine époque, en si grand honneur à Rome,

IV. — On doit encore considérer comme anadromes les muges ou mulets[1], poissons à petite bouche quelquefois entourée de ren-

comme Athénée le rappelle (*Deipnosophistos*, lib. VII, p. 220, ligne 25, de la traduction latine de Daléchamp), qu'il était servi au son de la flûte, sur les tables des festins, et couvert de bouquets, par des esclaves couronnés de fleurs.

« Envoyez l'esturgeon aux tables impériales, dit Martial, et qu'un morceau si rare soit l'ornement des repas des dieux. »

Ad Pallatinas acipensem mittite mensas,
Ambrosia ornent munera rara dapes.
(Epig., lib. XIII, XCI.)

Le héraut ou crieur public Gallonius, dont le nom s'est conservé à cause d'une sorte de célébrité que lui firent ses habitudes de gastronomie, paraît avoir été le premier, dans l'ancienne Rome, à vanter les qualités de la chair de l'esturgeon. Trois vers du satirique Lucilius relatif à ce personnage sont cités par Cicéron (*de finibus bonorum et malorum*, lib. II, 24) : O Publius, ô gouffre Gallonius, que tu me sembles à plaindre, tu as beau charger ta table de squilles et d'esturgeons énormes, tu n'as, de ta vie, goûté un bon repas.

O Publi, ô gurges Galloni, es homo miser, inquit.
Cœnasti in vita nunquam bene, cum omnia in ista
Consumis in squillâ, atque acipensere cum decumano.

C'est à Lélius que le poëte prête ces paroles, au sage Lélius qui, instruit, dans sa jeunesse, par Diogène le stoïque et plus tard par Panetius, parle ici, dit Cicéron, en homme qui n'admet pas qu'on puisse trouver le bonheur dans la volupté.

Le héraut fut raillé d'abord : « Il n'y a pas si longtemps que la table du héraut Gallonius fut réputée infâme, parce qu'il y avait paru un esturgeon. »

..... Haud ita pridem mensa
Galloni præconis erat acipensere
Infamis.....
(Horace, satire 2, vers 47, lib. II.)

Il fut cependant bientôt imité et dépassé comme nous venons de le voir, mais l'engouement dont l'esturgeon fut l'objet ne persista pas : « Chez les anciens, lit-on dans Pline, il était le plus estimé de tous les poissons; maintenant, il n'a plus aucune faveur. J'en suis d'autant plus étonné, ajoute-t-il, qu'il est rare. » *Apud antiquos, piscium nobilissimus habitus acipenser... nullo in honore est, quod quidem miror, quum sit rarus inventu* (*Natur. hist.*, lib. IX, XXVII, t. I, p. 369, édit. Littré).

[1] Saint Isidore, évêque de Séville, a dit, dans le douzième livre des *Étymologies* ou *Origines* écrit au commencement du VIIe siècle, que le Muge tire son nom de son agilité : *mugilis nomen habet quod sit multum agilis*.

Le savant philologue Hase considérait cette étymologie comme erronée. Il est plus probable, suivant lui (Valenciennes, *Hist. des poissons*, t. XI, p. 8, note), que le mot vient du grec (*muxon*) employé par Aristote (livre V, chap. XI) pour désigner le même poisson dont le corps est très-couvert de mucosités.

On ne peut nier cependant que la première explication ne satisfasse

flements labiaux, à grandes écailles, et ornés, le plus souvent, de bandes longitudinales d'une teinte foncée.

Ils forment un groupe d'espèces qui ont, entre elles, beaucoup d'affinité.

On les voit, un peu avant l'époque du frai, tantôt remonter les fleuves et souvent se transporter loin des embouchures, car dans la Loire ils remontent jusqu'à Saumur, tantôt rechercher les lagunes et les étangs de la côte, dont l'eau saumâtre en attire de longues troupes.

Par suite du séjour hors de la mer, la chair devient plus délicate et plus savoureuse.

Leurs habitudes étaient connues d'Aristote qui dit : « Les anguilles descendent des fleuves et des lacs dans la mer, à la différence des muges qui remontent de la mer dans les fleuves et dans les lacs. » (Livre VI, chapitre XIV, tome I, page 363, traduction de Camus.)

Après la ponte et la fécondation des œufs, ils retournent en bandes à la mer, et c'est alors, comme au moment de l'arrivée dans les embouchures ou dans les étangs, que la pêche en est le plus productive. A Commachio, par exemple, quand, à l'automne, on ouvre les écluses, pour permettre l'émigration des anguilles vers la mer, une multitude de muges qui étaient entrés avec les jeunes anguilles sont arrêtés et pris dans les enceintes des labyrinthes que les émigrants sont forcés de parcourir.

Sur divers points des côtes de la Méditerranée, près des lagunes où le flot pénètre, mais en particulier dans le canal dit étang de Caronte, qui fait communiquer, en passant par les Martigues, l'étang de Berre avec la Méditerranée, de semblables embûches sont dressées et y rendent les pêches lucratives [1].

davantage. Pline, il est vrai, exagère dans le passage suivant : « Les muges sautent avec tant de force qu'ils s'élancent de l'autre côté des navires, » *mugiles maxime, tam præcipuæ velocitatis, ut transversa navigia interim superjactent* (lib. IX, cap. XXI, t. I, p. 368, trad. de Littré); mais le poisson a l'habitude de faire de grands sauts au-dessus de l'eau.

Quant au nom de mulet : « à mon advis, dit Belon, il est dérivé de la diction latine *mugil.* » (*La nature et diversité des poissons*, p. 205), et son avis est universellement adopté.

[1] La disposition des labyrinthes très-analogue à celle qui est adoptée à Commachio a été figurée en 1686 par le célèbre zoologiste anglais Willughbey (*Hist. piscium*, p. 275, Hist. du Muge).

V. — La daurade (*Chrysophrys aurata*, Cuv. Val., *Sparus auratus*, Linn.), qui a donné son nom à *Sergius aurata*, a des habitudes analogues à celles des muges. Elles étaient connues des anciens, car, dit Rondelet (*Hist. entière des poiss.*, 1558, p. 109) : « Le temps passé, on la transportait aux eaux douces pour peupler les lacs. » A l'époque du frai, comme Aristote l'a indiqué (*Hist. des anim.*, livre V, chap. XIII, t. I, p. 255, trad. Camus), elle gagne l'embouchure des rivières, et elle entre alors en grande quantité dans les étangs et les lagunes où elle engraisse.

VI. — Un exemple d'anadromisme est donné par certains poissons plats ou pleuronectes [1].

Le *Flet* ou *Picaud* (*Pleuronectes flesus*), nommé vulgairement le *Flondre* ou *Flonde*, en fournit un que je dois mentionner. Très-voisin, par sa forme, de la *Plie* ou *Carrelet*, il en diffère par la présence d'un petit tubercule à la base de chacun des rayons de ses longues nageoires dorsale et anale, ainsi que par la teinte plus claire et souvent presque effacée des taches du côté brun du corps, lesquelles, dans l'autre espèce, ont une belle couleur aurore.

On le prend, au printemps, vers les côtes et près des embou-

[1] Les raies, pendant la natation, ont la région dorsale tournée en dessus et la région ventrale en dessous : elles sont parfaitement symétriques. Les turbots, les plies, les soles, etc., tous les pleuronectes enfin, et leur nom l'indique, nagent, il est vrai, en appuyant également sur l'eau une large surface; mais l'animal est comme renversé sur l'un des flancs qui, devenant inférieur, reste décoloré, tandis que l'autre qui, par suite d'une singulière absence de symétrie dans la disposition da la tête, porte les deux yeux, reçoit l'action de la lumière et offre une coloration plus ou moins intense. Or, quelle que soit la ressemblance apparente des poissons de ces deux groupes dans leur mode de locomotion, il y a, entre eux, une différence considérable. Les raies, en effet, sont beaucoup moins épaisses que larges. Les pleuronectes, au contraire ont de grandes dimensions dans le sens du dos au ventre, comparativement à leur épaisseur, et, en réalité, leur natation a pour agent principal, comme chez les poissons ordinaires, la portion postérieure du tronc et la queue. Seulement, ici, les mouvements cessent d'être latéraux en raison de la position du corps, mais deviennent des mouvements de bas en haut et de haut en bas, dont la résultante est la propulsion en avant.

Mon père (*Ichthyologie analytique*, 1856, p 354) a rappelé qu'il nommait *Hétérosomes* depuis très-longtemps dans ses cours les poissons dont il s'agit en raison de l'étrangeté de leur structure asymétrique.

chures des fleuves dont il remonte le cours. Dans la Tamise, dit Yarrell, on le trouve à Richmond (Surrey) et à Teddington (Middlesex), c'est-à-dire à 16 et 20 kilomètres au-dessus de Londres, et, par conséquent, à 88 et 92 kilomètres de la Manche. Il va même plus loin, non-seulement dans les cours d'eau des Iles Britanniques, mais dans tous ceux que reçoivent la Baltique et l'océan Atlantique. Il est ramené par les filets à 15 ou 20 kilomètres en amont de Nantes, comme me l'apprend M. A. Thomas que j'ai déjà eu occasion de citer, c'est-à-dire à 80 kilomètres environ de l'embouchure de la Loire. Il remonte dans la Sèvre dont la jonction avec ce fleuve se fait auprès de Nantes, et même Duhamel l'a pris au-dessus d'Orléans, ainsi que dans le Loiret et dans le Cher. (*Traité des pêches*, partie II, section IX, page 265.) On l'a pêché à Liége (Sélys-Longchamps, *Faune belge*, page 186), et à Metz (Holandre, *Faune de la Moselle*, page 260). La ponte et le développement des jeunes s'effectuent au milieu des eaux douces, comme le prouve la capture assez fréquente, dans ces eaux, de très-petits individus.

VII. — Les *Lamproies* marines sont aussi des poissons voyageurs, qui se reproduisent loin de la mer. Par leur forme allongée et cylindrique, elles ont, au premier aspect, quelque rapport avec les anguilles ; mais elles s'en distinguent par les particularités de structure les plus singulières. Mon père, en 1806, dans la *Zoologie analytique*, page 100, a tiré, de la conformation de la bouche qui est arrondie au lieu de former une fente transversale comme chez tous les animaux vertébrés, la dénomination universellement adoptée de *Cyclostomes*. Cette bouche circulaire, sorte de disque charnu, remplissant, de même que celle des sangsues, l'office d'une ventouse, leur permet de se fixer sur les corps solides, sans que la respiration soit gênée, l'eau entrant et sortant alternativement par sept paires d'ouvertures branchiales arrondies : de là, le nom de suceurs de pierre ou de *Petromyzons*, souvent employé pour les désigner, et qui a le même sens que celui de lamproies (*lampetra*, de *lambere petras*, lécher les pierres). Ce sont, d'ailleurs, les plus imparfaits de tous les poissons : leur squelette est composé d'un tissu cartilagineux qui, à certaines époques de l'année, perd toute sa consistance ; mais, en outre, quelques-uns, si ce n'est tous, offrent la plus curieuse anomalie dans leur mode de développement. Ils subissent, comme les ba-

traciens, des métamorphoses. Ils naissent sous une forme qui n'est pas celle qu'ils doivent conserver [1].

Dans nos fleuves, et en particulier dans la Loire où la remonte a été suivie avec soin par M. A. Thomas, les lamproies font leur apparition à la fin de décembre ou au commencement de janvier. C'est là que la ponte et la naissance des ammocètes, c'est-à-dire des larves, a lieu. Il est probable, comme M. Aug. Muller le fait observer (*loc. cit.*, p. 384, note), que ces dernières se développent dans les rivières, puisque la lamproie y fraie, qu'elles y achèvent leurs métamorphoses et qu'elles descendent ensuite à la mer ; car il est dificile de supposer que ces larves à très-petits yeux, et par là même presque aveugles, entreprennent un semblable voyage. L'état transitoire constitue la phase principale de la vie des lamproies ; il peut en effet durer trois ans. La continuation de l'existence, quand la transformation est achevée, doit être fort courte.

Le séjour dans les eaux salées où les œufs et la laitance acquièrent toute leur maturité, ne se prolonge sans doute pas plus que celui des saumons ; et peu de temps après l'accouplement, qui a lieu durant la montée, elles redescendent à la mer, ou bien comme les insectes qui meurent après la réunion des sexes et quand la ponte est effectuée, peut-être succombent-elles au milieu des eaux douces. Toujours est-il que l'acte de la fécondation une fois accompli, les lamproies adultes disparaissent des fleuves et des rivières.

On en fait de grandes pêches au moment de la montée, car elles sont fort recherchées comme aliment.

VIII. — Aux différentes espèces qui viennent d'être énumérées,

[1] Les observations très-précises et encore récentes, qui ont amené à cette conclusion sont dues à M. Auguste Muller. Ayant suivi toutes les phases du développement, il a vu provenir des ammocètes des œufs de lamproies, et ces ammocètes, considérées jusqu'alors comme type d'un genre particulier, se sont transformées, sous ses yeux, en lamproies semblables à celles qui leur avaient donné naissance. La larve de la lamproie fluviatile, ammocète très-analogue à la larve de la lamproie de mer, n'est également qu'une forme transitoire. Les faits constatés par M. Aug. Muller sont consignés dans un mémoire dont on trouve la traduction dans les *Annales des sciences naturelles* (*zoologie*), 4e série, 1856, t. V, p. 375. M. Van Beneden en a donné une intéressante confirmation par des études sur ce même sujet (*Bulletins de l'Acad. roy. de Belgique*, 2e série, t. II, 1857, p. 554).

il faudrait en ajouter d'autres dont le genre de vie, sans être tout à fait comparable à celui des vrais anadromes parce que leurs déplacements ne semblent pas être aussi rigoureusement soumis à la périodicité, doit cependant être signalé, car on trouve en elles une tendance à quitter la mer au moment du frai pour remonter le courant des fleuves.

1. Ainsi, parmi les Cyprins, une *Brême* désignée sous les noms de *Wimba*, de *Serte* ou de *Zerte* (*Abramis Vimba*, *Bloch*), sort de la mer au mois de juin, vers la Saint-Jean, entre dans l'Oder et remonte les affluents de ce fleuve pour y déposer ses œufs (Bloch., *Ichth.*, t. I, p. 35). C'est alors que la pêche en est abondante; on la prend surtout dans les fleuves que reçoit la mer Caspienne. L'espèce quitte les eaux douces après la ponte.

2. Le Volga et l'Oural reçoivent en février et en mars un autre Cyprin de la Caspienne (*Leuciscus grislagine*). Les Suédois le pêchent également dans les cours d'eau de l'Angermanie et de la Bothnie tributaires du golfe qui porte le nom de cette dernière province, et il est utilisé, comme appât, pour la pêche de l'esturgeon.

3. Au nombre des espèces déjà mentionnées de la mer Caspienne si célèbre par la variété des poissons qui s'y rencontrent, il faut ajouter, parmi les anadromes, un Cyprin dit *Able clupéoïde* (*Aspius clupeoides*, Nordm.) à cause de quelque ressemblance avec le hareng. Le savant voyageur naturaliste russe, Pallas, dit qu'il remonte en troupes aux mois de novembre, de décembre et de janvier, de la mer Caspienne dans le Térek. Ce poisson habite aussi la mer Noire et se porte dans le Bug, le Dniéper et le Don où M. Nordmann (*Fanna pontica*, p. 501) en a vu prendre de grandes quantités.

IX. — Contrairement à ce que font les poissons marins anadromes dont la ponte n'a jamais lieu dans la mer, il y a des espèces fluviatiles qui y descendent seulement à l'époque du frai. Telles sont les *Anguilles*[1].

[1] *Anguilla* paraît venir du mot *anguis* serpent. La ressemblance extérieure aura motivé cette similitude de nom, qui est indiquée dans le vers où Juvénal (*Satire* V, vers 103) dit, en parlant des aliments de mauvaise qualité donnés aux parasites.

Vos anguilla manet longæ cognata colubræ.

« Tandis qu'on apporte au maître de la maison une murène, on ne vous sert qu'une méprisable anguille pareille à une couleuvre. »

Ici, se présente une question difficile à résoudre. Est-ce vraiment par nécessité et parce que la reproduction ne pourrait pas s'accomplir dans l'eau douce que les anguilles l'abandonnent avant le commencement de l'hiver? Ou bien quittent-elles ce séjour où l'abaissement de la température peut devenir considérable pour éviter le froid qu'elles paraissent redouter, puisqu'elles n'habitent pas les régions arctiques? On ne les trouve point, en effet, dans la Sibérie, dans le Volga, ni même dans quelques rivières tributaires du Danube. Ceux qui adoptent cette seconde explication et l'habile ichthyologiste anglais, Yarrell en particulier, font observer qu'elles ne gagnent pas le large, mais restent vers les embouchures là où l'arrivée continuelle des eaux douces dans l'eau salée détermine une légère élévation de température.

Afin de corroborer la supposition bien plus vraisemblable de l'absolue nécessité pour les anguilles de se rendre à la mer quand le besoin de la propagation se manifeste, je dois faire observer que, dans les étangs clos, elles ne se multiplient point. Aussi, faut-il, si l'on veut y conserver la race, en renouveler, de temps en temps, la population. M. de Sélys-Longchamps (*Faune belge*, p. 225) a cité un fait curieux tendant à établir l'impossibilité pour les anguilles de se reproduire si elles restent sédentaires. Il a vu « pêcher entièrement à Longchamps sur Geer, un étang fermé, où l'on avait placé des anguilles dix-huit ans auparavant. On les y retrouva : elles étaient toutes de même grandeur, avaient environ quatre pieds de long et vivaient très-bien. Pas une seule jeune anguille n'existait dans l'étang. »

Quel que soit le vrai motif du déplacement des anguilles, toujours est-il que la reproduction a lieu seulement après l'arrivée à la mer. Les jeunes animaux guidés par leur instinct, peu de temps après la naissance, vers les eaux douces, s'y développent, ne les quittant eux-mêmes à leur tour, qu'au moment où ils sont devenus aptes à se reproduire.

Voilà pourquoi d'innombrables et très-petits individus remontent en bandes épaisses et serrées, à époques fixes, tous les cours d'eau qui se déversent dans les mers. C'est au printemps que s'effectue cette montée composée d'une incroyable profusion de petits poissons cylindriques, très-grêles, longs de $0^{m}\ 06$ à $0^{m}\ 08$ au plus, et dont le mouvement ascensionnel a lieu durant la nuit et cesse peu de temps après le lever du soleil. On les prend alors avec

une extrême facilité et en très-grande quantité. Il est impossible d'estimer, même approximativement, le nombre des individus qui composent les troupes assemblées dans les fleuves durant la période de la montée dont la durée est d'ordinaire assez courte; mais quelle doit être leur multitude, à en juger d'après le fait suivant consigné par Yarrell (*Hist. brit. fishes*, 3e édition, tome I, page 55)?

« Deux observateurs attentifs, dit-il, ont calculé, à Kingston où coule la Tamise, que, sur un point donné, seize à dix-huit cents jeunes anguilles environ passent en une minute. C'est avec la montée, qui se voit pendant deux semaines à peine, qu'on a souvent réussi à peupler les eaux où l'espèce manque. »

Dans une *Lettre sur les bancs d'anguilles de la Seine*, 1856, adressée au préfet du département de la Seine-Inférieure, M. le professeur Pouchet exprime le vœu que « cette inépuisable source de fécondité que chaque année apporte, soit utilisée » et tourne au profit des populations riveraines ainsi que de la richesse territoriale, « car on peut assurer, ajoute-t-il, que ces légions d'anguilles exploitées avec discernement pourraient repeupler beaucoup d'eaux de la France et fournir à nos marchés une ample provision de chair substantielle. » Supposant que le phénomène de la montée acquiert, dans la Seine, des proportions bien autrement importantes que dans l'embouchure du Pô et, par suite, dans la lagune de Commachio, il propose de mettre en usage les moyens qui sembleraient les plus convenables pour introduire la montée dans des étangs consacrés à son accroissement et à son exploitation.

La pratique du repeuplement des eaux par le transport de la montée ayant pris, depuis quelques années, un grand développement, il importe de savoir, comme M. L. Soubeiran l'a constaté dans plusieurs localités (*Comptes rendus, Académie des sciences*, 1865, t. LXI, p. 424), que ce mode d'empoissonnement n'est pas toujours lucratif, en raison de l'extrême voracité de l'anguille. Elle ne doit donc pas être admise dans les eaux où l'on voudra conserver d'autres espèces qui fourniraient, par leur exploitation, de meilleurs résultats.

A la descente, la pêche est beaucoup plus fructueuse, en ce qu'elle donne immédiatement un bon produit marchand, puisque les filets ne retiennent alors que des individus adultes.

Les habitudes bien connues des anguilles, que rien ne semble pouvoir arrêter dans leur ardeur à abandonner les eaux douces pour la mer, et qui s'accumulent parmi les obstacles élevés au-devant d'elles par l'homme, plutôt que de remonter le courant pour échapper au danger, ont motivé l'établissement de vastes pêcheries où les profits sont, le plus souvent, considérables. Elles se font au moyen d'engins différents, suivant les localités; mais, nulle part, elles n'ont été organisées sur une aussi large échelle que dans les lagunes de Commachio, près de Ferrare, habilement disposées pour servir de réservoir et, en quelque sorte, de lieu de stabulation aux anguilles qui, montées de la mer dans le Pô, et forcément dirigées alors vers les lagunes, y séjournent trois ans environ, c'est-à-dire jusqu'à l'époque où elles en sont chassées par l'instinct de la reproduction.

La plupart, au reste, n'accomplit qu'une partie du voyage de retour, à cause des embûches dressées sur la route.

L'abbé Spallanzani (*Voyages dans les Deux-Siciles*, trad. de Toscan, tome VI, pages 241 et suivantes) a laissé une histoire intéressante de l'industrie de Commachio.

Elle existe encore maintenant, et M. Coste (*Voyage d'exploration sur le littoral de la France et de l'Italie*, 2e édition, 1861) a décrit son état actuel.

Les travaux de chaque année, sur la lagune, sans parler de ceux qui se rapportent à la préparation et à la conservation des produits de la pêche, sont de deux sortes. Il y a d'abord l'ensemencement, puis la récolte. Voici, d'après le récit même de M. Coste (*loc. cit.*, page 43), comment s'accomplit la première de ces opérations : « Le 2 février de chaque année, les *vallanti* (c'est-à-dire les hommes attachés au service de l'établissement) sont dirigés vers les points de la lagune où se trouvent des écluses. Là, sous la direction des ingénieurs, et après avoir préalablement placé des filets destinés à retenir les poissons adultes qui tenteraient de s'évader, ils ouvrent ces écluses et laissent tous les passages libres jusqu'à la fin d'avril. Grâce à cette manœuvre, les eaux de la lagune, dont les pluies d'hiver ont élevé le niveau au-dessus de celles de l'Adriatique, déterminent, en s'écoulant par les tranchées qui les mettent en communication avec celles du Reno, du Volano, du canal Palotta, des courants que l'on peut modérer ou activer à volonté. Or, comme c'est précisément l'épo-

que où les jeunes poissons nouvellement éclos quittent spontanément la mer pour s'engager dans les canaux dont leur instinct précoce les porte constamment à remonter le cours, il s'ensuit que, incités par cet instinct, ils affluent dans la lagune, guidés par les nombreux courants qui en descendent. Ils s'accumulent donc, trois mois durant, dans tous les champs d'exploitation, comme les grains dont on jonche la terre au temps des semailles. »

Les écluses sont alors fermées.

Au commencement de l'automne, après avoir construit avec art, au moyen de claies formées par des joncs, des sortes de labyrinthes qui doivent nécessairement conduire les poissons dans des espaces clos où la fuite leur devient impossible, on met à profit leur irrésistible instinct d'animaux migrateurs.

« On ouvre toutes les écluses, et, aussitôt, les flots de la mer dont, à chaque flux, le cours était arrêté par des barrières qui n'existent plus, se précipitent sans obstacle à travers les parois perméables des labyrinthes solidement fixées par des pieux enfoncés dans le lit des canaux. Ils arrivent ainsi, sous forme de courants plus ou moins rapides, dans des bassins où l'évaporation accélérée par les chaleurs de l'été a diminué le niveau des eaux en même temps qu'elle en a augmenté la salure.

« Ces courants d'eau fraîche se faisant sentir partout à la fois, à cause de la multiplicité des bouches qui les vomissent, éveillent partout l'instinct de l'émigration auquel les poissons obéissent d'autant plus volontiers, que ces courants les sollicitent à quitter un milieu dont l'excès de salure les importune et leur en promettent un autre où se trouvent des conditions meilleures. Ils remontent donc, avec énergie, ces courants qui les guident vers l'Adriatique; mais, comme c'est à travers les parois perméables des labyrinthes qu'ils leur arrivent, ils ne peuvent continuer à les suivre qu'à la condition de s'engager dans les défilés de ces labyrinthes. Ils en parcourent tous les détours jusqu'aux derniers compartiments et ils s'y accumulent quelquefois en si grand nombre, qu'il ne reste, pour ainsi dire, plus d'eau dans les chambres qu'ils remplissent. » (Coste, *loc. cit.*, page 57.)

Je ne m'étendrai pas plus longtemps sur ce sujet, mais je devais signaler les avantages que procure à l'homme l'exploitation bien entendue de la force instinctive et, par là même, aveugle qui, chaque année, et sans aucune irrégularité, entraîne, à des

époques déterminées et constantes, les anguilles adultes vers les mers, et les très-jeunes individus de celles-ci dans les eaux douces où ils acquièrent leur développement.

X. — Sans être soumis à une semblable périodicité de déplacement, le *Brochet*, qui est essentiellement fluviatile, entre quelquefois dans la mer. Ainsi, on le trouve dans les golfes de la Baltique (Nilsson, *Prodr. ichth. scandin.*, page 56)[1].

II

L'anadromisme a pour cause principale la nécessité d'un déplacement à l'époque où la fécondation doit s'accomplir. S'il n'était motivé que par le besoin de passer dans un milieu d'une composition différente, comment expliquerait-on la migration non moins régulière de poissons qui, de même, voyagent tous les ans, mais sans jamais sortir des eaux douces?

1. Ainsi agissent, par exemple, les *Esturgeons* des lacs de l'Amérique du nord. Ils quittent, au printemps, époque où ils doivent frayer, les lacs dont les eaux deviennent bourbeuses par suite de l'irruption des rivières, remontent le courant de ces rivières, puis reviennent plus tard dans les lacs, comme les poissons qui, après avoir abandonné la mer pendant un certain temps, y rentrent quand ils ont déposé leur frai.

L'Ombre (*Thymalus vexillifer*, Agassiz) et l'Éperlan des lacs de Russie (*Osmerus spirinchus*, Pallas) ont de semblables habitudes.

2. Il en est de même pour la truite du lac de Genève *Fario*[2]

[1] A cette occasion, je rappellerai que les eaux de la Baltique où le mouvement de flux et de reflux de la mer du Nord n'est pas très-marqué, sont peu salées, surtout dans le fond des golfes.

[2] Valenciennes, qui a désigné la truite commune par le nom de *Salar* emprunté à Ausone, a pris au même poëte le mot *Fario*. Il en a fait une dénomination générique appliquée aux truites des lacs et à des salmonoïdes qui ressemblent beaucoup à ces dernières et habitent la mer où elles remontent dans les fleuves, mais tous caractérisés par la présence sur l'os vomer de quelques dents disposées sans régularité en une courte rangée longitudinale (Voy. plus haut).

Dire avec Ausone qu'il n'y a entre les poissons nommés *Salmo Salar* et *Fario* que des différences d'âge serait inexact; mais il exprime bien leurs dissemblances et leurs analogies les plus frappantes dans les vers suivants :

Teque inter species geminas neutrumque et utrumque

Lemanus remarquable par sa grande taille et par l'excellence de sa chair qui est rougeâtre et dite, à cause de cela, saumonée, mais plus pâle que celle du Saumon.

Son passage du lac au Rhône à Genève, effectué pendant le printemps et au commencement de l'été, a reçu le nom de descente. Poussée instinctivement à aller frayer vers les sources, elle gagne le fleuve pour entrer dans l'Arve qui s'y jette et dans ses affluents. Sur les autres points du lac, elle remonte soit le Rhône, soit le Dranse, l'Aubonne ou les autres rivières qui alimentent cette sorte de mer intérieure. C'est au moment où, quittant sa demeure d'hiver, elle devient apte à la reproduction, qu'elle est le plus appréciée comme aliment. Il faut donc manger la truite avant qu'elle ait frayé, comme Jurine le fait observer dans son *Histoire des poissons du lac Léman* (*Mém. de la Soc. de phys. et d'hist. natur. de Genève*, t. III, 1re partie, p. 170), si l'on veut en apprécier toutes les qualités alimentaires; car au retour dans le lac, elle est si maigre, qu'on la nomme *fourreau*; elle est alors plus coriace et moins savoureuse[1]. Le retour qui commence vers la fin d'octobre, constitue, à Genève, la *remonte*, mais la *descente*, au contraire, dans le Valais, puisque les unes nagent contre le courant du Rhône pour venir prendre leurs quartiers d'hiver dans le lac, tandis que les autres y sont ramenées par les eaux qui s'y versent[2].

Qui necdum Salmo, nec jam Salar, ambiguusque
Amborum medio Fario intercepte sub ævo.

Qui ne te connaît, Fario, toi qui, sans être encore saumon, n'es déjà plus truite? Quel rang t'assigner? Tu n'es ni l'un ni l'autre, et, intermédiaire, en quelque sorte, à tous deux, tu participes de leur double nature.

[1] Une semblable différence se remarque chez la plupart des poissons, mais plus spécialement chez les espèces anadromes et chez l'alose en particulier. L'épuisement et l'amaigrissement déterminés par le travail de la reproduction leur font perdre presque toute saveur.

[2] Il est singulier qu'un autre salmonoïde également propre au lac de Genève (*Coregonus fera*) ne le quitte jamais. En hiver, il se retire dans les profondeurs, et sa chair est alors peu estimée. Vers la mi-février, il commence à frayer sur les herbes des bas-fonds, puis, durant l'été, il se répand le long des rives du lac où l'on en fait, avec succès, la pêche, lorsque les nuits sont obscures.

Le saumon kulmund (*Salmo carbonarius*) a des mœurs semblables. Habitant des lacs des régions boisées de la Norwége, il aime les grandes profon-

3. Un salmonoïde américain de grande taille dont le poids moyen est de huit kilogr. environ, mais qui pèse quelquefois beaucoup plus, le *saumon namageush* de Pennaut, sort, à l'époque du frai, du lac Huron et des autres grands lacs du nord des États-Unis pour remonter très-loin dans les rivières et dans leurs affluents. M. Richardson dit qu'il ne peut vivre dans aucune eau saumâtre.

4. Une autre espèce, de volume parfois considérable, nommée par Pallas, d'après son genre de vie, *Salmo fluviatilis*, ne paraît pas, dit-il, remonter de la mer dans les eaux où on la pêche, mais de l'Obi, de l'Irtsh et du Ienisséi, dans les rivières que ces trois fleuves reçoivent.

5. La puissance de l'instinct qui porte les poissons anadromes à quitter, après la ponte, les eaux où elle a eu lieu, explique l'apparition des truites dans les lacs des hautes montagnes. Ainsi, dans ceux d'Oberalp situé à 1734 mètres d'élévation, du mont Cenis à 1912 mètres et de Luzendro plus élevé que celui de l'hospice de Saint-Gothard qui, lui-même, est à 2068 mètres, on en trouve qui ne peuvent y être amenées que par les rivières souterraines, puisqu'ils n'ont pas de communication avec les rivières voisines. Le succès des efforts des truites ne doit pas surprendre, quand on connaît, ainsi que Jurine le fait remarquer (*loc. cit.*, p. 173), la persévérance et la force avec lesquelles elles luttent contre les obstacles, qui ne les arrêteraient que s'ils étaient absolument insurmontables. On doit supposer qu'elles restent seulement pendant l'été au milieu des lacs alpins où les insectes transportés par les vents sur la surface des eaux, et souvent en très-grand nombre, peuvent suffire à leur alimentation.

6. Le goujon ordinaire (*Gobio fluviatilis*, Cuv.) se réfugie, pour y passer l'hiver, dans les grands lacs, puis en sort au printemps et va frayer dans les rivières.

deurs, dit Nilsson (*Prodromus ichth. scandin.*, p. 8), et ne s'élève vers la surface que dans la saison des amours.

Le même zoologiste a désigné sous le nom de *Salmo pallidus*, à cause de la teinte blanchâtre des régions inférieures et des nageoires (*loc. cit.*, p. 9), une autre espèce qui ne paraît jamais quitter le lac Wettern, dont il habite les fonds au moment du frai.

Que devient la Gravenche après s'être montrée sur les fonds caillouteux du rivage, pendant une vingtaine de jours en décembre, époque de la ponte? On l'ignore. Jurine a donné le nom de *Coregonus hyemalis* à ce salmonoïde qui, comme la *corégone fera*, n'a jusqu'ici été trouvé que dans le lac de Genève.

Enfin, pour énumérer tous les changements de station coïncidant avec l'époque de la reproduction, je ne dois pas omettre de signaler, d'après M. Schomburgk (*Fishes of Guiana*, t. I, p. 237), le passage du characinien connu, à la Guyane, sous le nom de Pacu (*Myletès pacu*, Schomb. ; *Myl. bidens*, Spix), dans les savanes noyées au moment du débordement des rivières. Là s'opèrent la ponte et la fécondation, puis il revient sur les fonds granitiques de l'Essequibo et du Mazaruni.

Pour les poissons qui sortent des lacs et entrent dans des rivières, puis, de ces rivières, retournent à leur point de départ, le changement de milieu ne peut pas être comparé à celui que subissent les poissons marins pendant la remonte. Il paraît surprenant que ces derniers supportent sans préjudice le contact d'eaux si différentes, car la plupart des poissons marins ou fluviatiles périssent, à moins qu'ils ne soient anadromes, quand on les soumet à une semblable mutation [1].

Ainsi, le salmonoïde des mers septentrionales si utile, comme appât, pour la pêche de la morue, le capelan (*Mallotus villosus* Cuv.), n'entre jamais dans les eaux douces, et paraît même éviter l'embouchure des fleuves. Les echéneis, qui se fixent aux navires par leur plaque sus-céphalique, s'en détachent, comme Risso le fait remarquer (*Ichth. Nice*, p. 178), quand ils approchent des rivages, à cause du mélange d'eau douce et d'eau de mer : d'où résulte la rareté de ces poissons singuliers sur nos côtes. Montagu,

[1] Y a-t-il des caractères propres soit aux espèces pélagiennes, soit aux espèces fluvialistes? Rien, dans la structure des unes et des autres, ne nous fournit une explication satisfaisante des différences dans le genre de vie. On conçoit, par conséquent, combien il devient difficile, quand on étudie des faunes éteintes de déterminer quel était réellement le lieu d'habitation des poissons dont le squelette se trouve au milieu de fossiles d'origine différente, appartenant à des terrains mixtes tels qu'on en rencontre sur des points où des fleuves étaient reçus par les mers. Je ne connais même qu'une seule observation qui puisse aider peut-être à établir la distinction dont il s'agit, et encore ne peut-elle pas être généralisée. Elle est due à M. Cl. Bernard (*Soc. de Biologie. Gaz. méd.* 1854, p. 562), qui a vu, dans des expériences endosmotiques, la peau d'anguille fraîche s'opposer au passage de dehors en dedans d'une dissolution saline. Le mucus épais sécrété par la peau protégerait donc les organes qu'elle recouvre contre l'action nuisible de l'eau de mer.

A travers les téguments de la grenouille, au contraire, l'endosmose du liquide chargé de sel s'effectue sans difficulté.

ainsi que Yarrell (*Hist. british fish.*, 3e édit., t. II, p. 370) le rapporte d'après une note manuscrite de ce naturaliste, mentionne un fait curieux : la petite blennie de nos côtes, dite *Pholis lævis*, Fleming, ne survit pas longtemps à une immersion dans l'eau douce. L'ombre (*Thymalus vexillifer*, Agassiz) fournit un exemple contraire ; car, selon Humphreys Davy, ce salmonoïde, bien différent des autres espèces de la même famille, périt dès qu'il est en contact avec de l'eau même légèrement saumâtre.

Les déplacements des espèces soumises aux influences instinctives de l'anadromisme ne sont pas les seuls qui méritent d'appeler l'attention. Plusieurs poissons marins, en effet, n'apparaissent en nombre qu'à certains moments de l'année et deviennent alors l'objet de pêches très-importantes que les gouvernements, dans l'intérêt général, ont réglées par des lois.

On nomme poissons migrateurs ceux qui se montrent ainsi par troupes immenses à des époques fixes. Une semblable dénomination a, pour origine, une erreur. Les longs voyages qu'on suppose accomplis, chaque année, avec une régularité parfaite, par les harengs, les sardines, les maquereaux, les thons, sont imaginaires. Leur apparition régulière est due à une tout autre cause. Ils n'arrivent pas de parages lointains, mais ils s'élèvent des grandes profondeurs vers la surface pour l'accomplissement de l'acte de la fécondation.

Aug. Duméril.

II

LE CORAIL

D'APRÈS LES TRAVAUX DE M. LACAZE DUTHIERS.

I

Origine de la mission de M. Lacaze-Duthiers. — Discussions relatives à la nature du Corail. — Historique. — Questions résolues par l'*Histoire naturelle du Corail*.

Parmi les sources de richesse dont la nature a doté l'Algérie, il n'en est certes pas dont l'exploitation ait été soumise à plus de vicissitudes que le Corail.

Dans le but de rendre de nouveau productive pour la France une pêche que nous avions jadis monopolisée, se sont à l'envi succédé mesures, règlements et projets tour à tour ajournés ou abondonnés, remis en faveur, délaissés de nouveau et définitivement inefficaces. Une telle impuissance des efforts de l'administration tenait principalement à l'absence de données scientifiques suffisamment exactes, pour servir de bases à des décisions durables : aucune législation de pêche ne pouvant se passer de la connaissance des conditions de vie et de reproduction de l'animal aquatique auquel elle se rapporte.

Le premier, M. le maréchal Vaillant, alors qu'il était ministre de la guerre, et que l'Algérie dépendait encore de ce département, reconnut cette grave lacune, et c'est par son intelligente initiative que la question tant controversée fut enfin portée sur son véritable terrain. Alors, l'administration de l'Algérie, instruite par l'insuccès opiniâtre de ses tentatives antérieures, lasse des hésitations et des atermoiements, impatiente enfin de soumettre la pêche du Corail à une législation sérieuse et définitive, résolut de faire entreprendre des recherches sur la reproduction du Corail avant de s'occuper des nouveaux règlements.

Les études furent offertes à M. de Quatrefages que ses beaux et nombreux travaux sur les invertébrés marins désignaient tout naturellement. Mais le savant zoologiste se trouvant dans l'impossibilité matérielle d'accepter cette tâche, la proposa spontanément à M. Lacaze-Duthiers déjà célèbre par la découverte de l'organisation si curieuse du Dentale, et tout à fait digne de cette mission importante.

C'est là l'origine de l'*Histoire naturelle du Corail*. Jamais certes travail d'observation n'a été fait avec plus de zèle et de patience. L'année accordée pour la mission (du 1er octobre 1860 au 1er octobre 1861) n'ayant pu suffire, et M. Lacaze-Duthiers tenant à bien vérifier les faits qu'il avait acquis, entreprit à ses risques et périls, malgré les sacrifices qu'allaient lui imposer les voyages et l'éloignement de sa chaire de l'École normale supérieure, une nouvelle série d'observations qui dura depuis le commencement du printemps jusqu'à la fin de l'automne de 1862.

Aussi est-ce avec confiance que l'on peut accepter les résultats obtenus par le nouveau professeur du Museum, résultats

féconds qui profiteront non-seulement à la science, mais aussi à ses deux tributaires, le commerce et l'industrie.

L'époque, le mode de reproduction et les conditions favorables à la pêche du Corail étant aujourd'hui connus, grâce au talent de M. Lacaze-Duthiers, les règlements à opposer à l'épuisement des bancs cessent d'être soumis à l'arbitraire et peuvent enfin s'appuyer sur des données précises et sérieuses.

L'importance des acquisitions dont la science est redevable à l'auteur de l'*Histoire naturelle du Corail*, pourra facilement s'apprécier dès que nous aurons fait connaître l'état de la question avant qu'il commençât ses travaux.

La nature du Corail est restée un mystère jusqu'au siècle dernier. La solution du problème, après s'être aussi longtemps fait attendre, ne fut pas moins acceptée sans de longues et ardentes discussions.

Ferrante Imperato en 1690 et Tournefort en 1700 se faisaient les propagateurs des idées des anciens en affirmant que la nature végétale du Corail était incontestable, mais sans donner pourtant des preuves inattaquables de leur manière de voir. Aussi quand Marsigli vint dire en 1706 qu'il avait vu les fleurs du Corail, sa découverte fut-elle immédiatement accueillie avec une grande faveur. La végétabilité du Corail, jusque-là simplement vraisemblable, était désormais certaine, et la conjecture devenait un fait.

Néanmoins, l'assertion de Marsigli ne fut pas complétement partagée par tous ses contemporains. Réaumur, par exemple, persista à attribuer au Corail une double nature et à considérer en lui deux choses distinctes : d'une part le polypier ou corail du commerce, concrétion devenue indépendante, d'autre part le végétal représenté seulement par l'écorce. Les Coraux pour lui sont « des pierres produites par les plantes », de même que les coquilles sont « des pierres produites par les animaux. »

Mais ces vues, quelque ingénieuses qu'elles fussent, ne pouvaient prévaloir contre des observations sérieuses ; quelque ardeur qu'on apportât à trouver des preuves à l'appui d'opinions jugées aujourd'hui, il fallut bien se rendre à l'évidence des faits positifs qui allaient être démontrés.

Tant que le Corail fut étudié à l'état sec, dans les musées ou dans les collections, il ne put que tromper sur ses caractères

réels et qu'éloigner de l'esprit des zoologistes l'idée de son animalité. Mais dès qu'on voulut bien l'observer en activité, et dans les conditions naturelles où il se développe, il laissa surprendre son genre de vie et, partant, sa véritable nature.

Parmi ceux qui se placèrent dans les meilleures conditions possibles pour décider la question se trouvait un jeune médecin de Marseille nommé Peyssonnel, disciple de Marsigli et tout résolu à montrer pour la science le même dévouement dont il fit preuve envers ses concitoyens lors de la terrible peste de 1720. Ses brillants débuts le firent appeler à Paris. Peu de temps après son arrivée, il reçut du roi la mission (1706) d'aller explorer les côtes de la Barbarie et d'en faire connaître les produits naturels. Le prédécesseur de M. Lacaze-Duthiers, après avoir atteint les côtes d'Afrique, ne tarda pas à reconnaître l'erreur qu'il avait jusque-là partagée avec son maître et lui fit immédiatement part de ses nouvelles opinions. Il déclara à Marsigli que la prétendue fleur n'était qu'un animal « semblable à un poulpe », en ajoutant que les appendices pris jusque-là pour les pétales devaient être considérés comme les pieds de celui-ci, et que ce qu'on désignait sous le nom de calice n'était pas autre chose que le corps même de l'animal sorti de sa cellule.

On était certes trop loin de s'attendre à une interprétation aussi subversive, pour lui faire immédiatement bon accueil. Jamais peut-être opinion plus vraie ne rencontra plus de difficultés. Peyssonnel, résolvant la question si longtemps pendante de la nature du Corail, ne rencontra certainement pas moins d'incrédulité que Bernard Palissy, venant soutenir que les coquilles et autres débris organiques enfouis dans les différentes couches du globe avaient appartenu à des êtres anciens. Comment en effet se résoudre à considérer comme fausse une croyance aussi naturelle et aussi bien accréditée?

Il en est d'ailleurs de cela comme de tant de théories plus ou moins spécieuses qui n'ont dû leur succès qu'au nom de leurs auteurs et qu'à l'état imparfait de la science positive. Les cartésiens, par exemple, pouvaient-ils croire que les tourbillons dussent être supplantés par l'attraction neutonienne, et les disciples de Stahl étaient-ils disposés à admettre qu'on pût trouver rien de plus clair et de plus vrai que la doctrine du phlogistique.

Combien l'histoire de la science ne présente-t-elle pas d'exemples

de ces usurpations, conséquences inévitables de notre organisation intellectuelle : l'esprit humain, dans son impatience à saisir la vérité, s'empare souvent en effet de ce qui n'en a que l'apparence, et oublie qu'elle ne laisse tomber ses voiles qu'à la condition d'être examinée attentivement.

Comme tous ceux qui d'une allure ferme et assurée viennent présenter avec conviction des idées opposées à celles qui sont acceptées sans contestation, Peyssonnel, après les fatigues et les dangers de sa longue exploration, eut encore à essuyer l'indifférence et l'incrédulité de ses contemporains. Ceux-ci, trop prévenus de leurs propres opinions, ou plutôt des opinions naïves des pêcheurs, qu'ils avaient, en leur qualité de savants, entourées de beaux raisonnements, repoussèrent la nouvelle observation avec une sorte de dédain, et plusieurs même n'épargnèrent pas l'ironie à celui qui était si bien fondé pour la leur rétorquer.

Ainsi, la découverte de Peyssonnel était considérée comme non avenue et la croyance à la végétabilité du Corail n'en était que plus en faveur.

Cette opposition systématique et injuste, Peyssonnel devait, malgré l'appui de Buffon, la rencontrer jusque chez Bernard de Jussieu et Réaumur. Celui-ci même trouva le fait nouveau à tel point inacceptable qu'il n'hésita pas à le qualifier d'absurde.

Mais d'aussi grands esprits ne pouvaient longtemps continuer de fournir la sanction de leur nom à un tel préjugé. Aussi s'empressèrent-ils de saisir la première occasion qui vint en quelque sorte leur présenter le moyen de se réhabiliter. En 1740, l'illustre Tremblay vint étonner le monde savant par ses travaux sur l'Hydre d'eau douce, c'est-à-dire précisément sur un être dont la véritable nature était au moins aussi litigieuse que celle du Corail. Dès lors sous ce coup imprévu, les nombreux adversaires de Peyssonnel furent fortement ébranlés dans leurs convictions, et la question entra d'elle-même dans sa phase définitive. A partir de ce moment les assertions de l'observateur marseillais furent regardées comme moins inadmissibles et se virent enfin en possession d'attirer l'attention sérieuse des naturalistes. On voulut en finir avec ces êtres équivoques, tant de fois renvoyés d'un règne à l'autre sans pouvoir rester dans aucun.

Bernard de Jussieu et Réaumur se mirent d'eux-mêmes en devoir de juger définitivement cette question importante. A eux se joi-

gnit Guettard, leur collègue à l'Académie des sciences, que son zèle et ses lumières plaçaient à la hauteur d'une telle collaboration. En travaillant chacun de leur côté, ils arrivèrent tous trois à la démonstration du même fait, à savoir : que le Corail et les autres productions naturelles analogues comprises jusque-là dans le règne végétal présentaient tous les caractères essentiels des animaux. Par cette déclaration unanime, ils décidèrent les esprits encore hésitants et firent évanouir tous les doutes.

Mais Peyssonnel n'en reste pas moins l'auteur réel et unique de la découverte la plus importante relative au Corail. Les trois académiciens lui en rapportèrent d'ailleurs spontanément tout l'honneur et lui rendirent pleine justice, moins certainement par la contrainte des faits que par désintéressement pour la vérité. Combien, par opposition, n'en compterait-on pas qui, moins préoccupés du progrès de la science que de l'accroissement de leur propre renommée, n'ont jamais rendu justice à personne; combien de ceux-là qui, empruntant le titre de savants pour le déshonorer, ne s'occupent qu'à diminuer l'héritage de leurs prédécesseur sou à entamer le lot de leurs voisins, et qui, après avoir usé leurs minces facultés dans ce travail de déprédation, s'en croient néanmoins encore une dose suffisante pour trôner impunément au milieu de leurs victimes !

Le nom de polypes fut donné aux petits êtres qui n'avaient plus désormais avec les fleurs qu'une simple analogie de formes, et le nom de polypier à la partie solide arborescente. Seulement, les vérificateurs de l'assertion de Peyssonnel eurent le tort de comparer les polypiers aux cellules des abeilles et, partant, de les considérer comme l'ouvrage des polypes. Au reste, il est bien rare qu'une découverte de quelque importance arrive d'un seul élan à son complet développement : une ou plusieurs pierres manquent le plus souvent au couronnement de l'édifice. Si l'essentiel était acquis, si la vraie nature du Corail était décidée, l'origine de l'armure pierreuse n'était pas encore connue, et la notion de l'animal composé, l'idée de la pluralité dans l'unité, n'appartenait pas encore à la science.

Ce fut seulement dans les publications de M. Milne-Edwards que l'on put puiser les premières idées exactes sur les caractères du Corail. A l'époque où une nombreuse association de savants s'occupait de donner au *Règne animal* des planches dignes d'une

telle œuvre, le savant zoologiste fit paraître dans la nouvelle édition de l'œuvre de Cuvier les dessins qu'il avait faits lui-même sur les Polypes vivants pendant son exploration des côtes de la Méditerranée. Mais, même après les nombreux ouvrages de MM. Milne-Edwards et J. Haime sur les Polypiers, il restait encore à recueillir une ample moisson de faits importants relatifs au Corail et aux Zoophytes voisins.

L'attention des zoologistes ne s'était pas encore en effet portée avec tout le soin désirable vers les recherches anatomiques et physiologiques. On manquait de renseignements précis sur les organes mâles des polypes du Corail, sur la fécondation de leurs œufs, sur le développement de leurs larves, sur la production des bourgeons multiplicateurs qui transforment en une colonie arborescente d'animaux agrégés chaque individu sorti d'un œuf, sur les mouvements du liquide nourricier dans les canaux gastro-vasculaires, enfin sur la production et l'accroissement de la tige solide qui occupe l'axe des rameaux. Telles sont les questions les plus essentielles que le Corail offrait encore à résoudre, et que l'Académie des sciences mit au concours en 1861, sous les auspices de M. de Chasseloup-Laubat, alors directeur de l'Algérie et héritier des projets de M. le maréchal Vaillant.

M. Lacaze-Duthiers a satisfait à ce programme, malgré les nombreuses difficultés matérielles qu'il a rencontrées dans le cours de ses études, et dont les principales tenaient à l'extrême délicatesse des polypes et à leur faible résistance à l'action des agents extérieurs. C'est là certainement qu'il faut chercher la cause de l'ignorance qui a régné si longtemps sur la vie et sur la reproduction du Corail. Comme tout savant qui s'intéresse d'une manière réelle au progrès des solutions qu'il a entreprises, M. Lacaze-Duthiers a tenu à épargner, à ceux qui viendront après lui, les embarras sans nombre dont il a été obsédé durant sa mission. Aussi les zoophytologistes qui voudront vérifier les faits qu'il a présentés ou ajouter à ses observations, trouveront-ils dans la première partie de l'*Histoire naturelle du Corail* tous les renseignements et tous les conseils qui pourront faciliter leurs recherches et les rendre aussi fructueuses que possible. Les moyens de vaincre l'indifférence ou de se mettre en garde contre les supercheries des pêcheurs, l'art de se recommander aux armateurs et de gagner la confiance des patrons, les procédés à suivre pour recueillir le

Corail vivant, la manière de l'observer, les précautions à prendre pour le conserver en bonne santé dans les aquariums, enfin, tout ce qui peut aider l'investigateur à se placer dans de bonnes conditions, M. Lacaze-Duthiers a pris à tâche de l'indiquer avec le plus grand soin.

Les lourds sacrifices imposés par les voyages en dehors de la mission, les fatigues de toutes sortes inhérentes à l'observation elle-même, n'ont donc pas été supportés en vain. Un zèle et une conscience aussi immuables ne pouvaient d'ailleurs manquer de produire des résultats féconds et d'apporter à la science une nouvelle part de faits irrévocablement acquise.

Grâce au travail du digne successeur de M. Valenciennes à la chaire des Mollusques et Zoophytes au Museum, l'on peut aujourd'hui apprécier la valeur pour la détermination des véritables affinités des Polypes, des caractères tirés de la structure intime de ces êtres, on connaît enfin la vraie constitution de l'appareil aquifère chez les animaux coralliaires, l'origine réelle de l'axe solide ou du polypier, l'existence et la conformation des organes mâles, le mode de fécondation, la forme et la structure des larves, ainsi que toutes les phases de leur évolution, en un mot une foule de points restés jusqu'à ce jour dans l'obscurité, faute d'un travail sérieux sur la matière.

Toutes ces observations nouvelles sont consignées dans l'*Histoire naturelle du Corail*, et confirmées par un magnifique atlas de vingt planches où M. Lacaze-Duthiers a déployé le beau talent de dessinateur que tous les zoologistes lui connaissent. Tous les objets qui ont servi de modèles pour la composition de cet atlas ont été dessinés et coloriés sur les lieux mêmes où se sont faites les observations, et les proportions des plus essentiels d'entre eux ont été estimées à l'aide de la chambre claire. Pour beaucoup, le dessin a été refait plusieurs fois, à cause de la grande variabilité de formes des polypes et de la difficulté qu'il y avait à prendre, entre toutes ces formes, celles qui rappelaient le mieux la physionomie la plus habituelle. Un pareil travail a dû être long et exiger une persévérance égale à la conscience qui a présidé à son exécution; mais aussi il assure une grande valeur aux assertions qu'il appuie.

L'histoire particulière du Corail ne sera pas seule d'ailleurs à profiter de la mission qui fait tant honneur à M. Lacaze-Duthiers.

Alors qu'il explorait les côtes méditerranéennes, l'habile zoologiste put en effet non-seulement accroître le nombre des observations qu'il doit bientôt publier sur l'embryogénie des Malacozoaires, mais encore jeter les bases d'une histoire générale des Polypes madréporiques où l'on pourra trouver toutes les confirmations du résultat de ses recherches sur le Corail. Sachant bien profiter des circonstances, et en excellent observateur, trouvant digne de son attention et de son étude tout ce qui s'offrait à lui, il eut la bonne fortune de mettre la main sur plusieurs types inconnus d'animaux marins, tels que le *Chevreulius callensis*, espèce de Mollusque bivalve (trouvé à La Calle et dédié à l'illustre doyen des chimistes), pouvant être considéré comme intermédiaire entre les Brachiopodes (Térébratules, Cranies, Thécidies, Lingules, etc.) et les Bryozoaires (Flustres, Plumatelles, Dentelles de mer, etc., mollusques tentaculifères sécrétant un polypier).

II

Du Corail en général. — Caractères extérieurs et organisation des polypes. — Structure des diverses parties du Corail : Corps des polypes; Ecorce, ou tissu commun; Polypier, ou axe solide arborescent.

Le Corail fait partie de ces frêles animaux qui jouent, depuis les temps géologiques les plus anciens, un rôle si important dans l'économie terrestre, et auxquels la nature a dévolu la fonction de débarrasser la mer des sels calcaires que les eaux chargées d'acide carbonique dissolvent en lavant la surface des continents. Leurs téguments condensent ces substances minérales, s'en imprègnent dans leur portion basilaire pour former une sorte d'armure où les parties molles du zoophyte pourront trouver un abri, et où la délicatesse de ses organes n'aura rien à craindre du choc brutal des vagues. Ils contribuent ainsi à restituer à la masse solide de notre planète une portion de la matière dont l'action érosive des eaux courantes l'avait appauvrie.

Ainsi que tous les invertébrés à polypier, le Corail doit être considéré comme une agrégation d'animaux dérivant toujours d'un premier être par voie de bourgeonnement et liés les uns aux autres par un tissu commun qui leur forme comme une gangue générale; c'est une nombreuse famille dont tous les membres sont

unis d'une manière indissoluble, une société sans cesse croissante dont les divers individus composants ne se séparent jamais de celui qui en a jeté les premiers fondements ; c'est l'individualité de l'être disparaissant dans une action vitale collective; c'est en un mot l'unité réalisée par la pluralité.

Jamais plus beau spectacle ne peut être offert aux yeux que celui d'un rameau de Corail bien épanoui : la transparence des tissus, la parfaite symétrie et la suprême élégance des formes, le contraste si bien établi entre la blancheur éclatante de l'animal et la couleur de sang de la partie dure, tout dans ce merveilleux produit est fait pour éveiller en nous l'admiration la plus vive et la plus irrésistible : aussi comprend-on qu'il ait pu inspirer le poëte et séduire les savants eux-mêmes, jusqu'à leur faire oublier d'observer.

Au moment où on le sort de l'eau, chaque rameau en pleine activité vitale est toujours fortement contracté et se montre seulement couvert de mamelons plus ou moins saillants répondant chacun à un polype. A leur sommet se trouve un petit pore étoilé, que Pierre Boccone, alors qu'on ignorait encore la vraie nature du Corail, considérait comme devant servir à sa transpiration.

L'orifice en question s'ouvre et se dilate progressivement lorsque le polype s'étend hors de la loge où il a rétracté ses parties molles. L'animal se présente alors comme un sac dont la partie inférieure ou basilaire a ses parois propres confondues avec cette couche simplement coriace qu'on peut considérer comme l'écorce de l'espèce d'arbre formée par la partie dure ou polypier. La partie supérieure ou libre du même sac s'allonge en un tube membraneux transparent couronné par huit bras frangés ou plutôt barbelés sur leurs bords. Bien que la taille des polypes varie à chaque instant par la contraction ou le relâchement, on peut arriver néanmoins à constater que le diamètre formé par deux bras opposés est d'une manière absolue de deux à quatre millimètres.

Les huit tentacules se soudent au corps en circonscrivant un espace régulièrement circulaire au centre duquel s'élève un petit mamelon percé à son sommet de l'orifice unique du tube digestif; les animaux de la classe des Polypes n'ont pas en effet été dotés de cette division du travail physiologique réalisée chez les Échinodermes et assignant au tube alimentaire deux communications avec l'extérieur, l'une pour l'ingération des matières alibiles, l'au-

tre pour la sortie du résidu laissé par le travail digestif. L'orifice en question, de même que les bras, change à chaque instant de forme; lorsqu'on réussit à le saisir à l'état de repos, il s'offre comme une fente dont les bords arrondis simulent exactement deux lèvres. Il n'est pas rare de le trouver au fond d'un vaste entonnoir qui s'est substitué au mamelon dont il occupe habituellement le sommet.

L'appareil digestif consiste uniquement en un tube pouvant se transformer momentanément en sac par la contraction du sphincter qui en occupe l'extrémité inférieure. La grande cavité viscérale au sommet et suivant l'axe de laquelle il est suspendu se montre divisée par des lames membraneuses rayonnant de la circonférence au centre et limitant des loges égales et symétriques; fixées dans leur partie supérieure et par leur bord axile aux parois externes de l'estomac, elles constituent autour de celui-ci huit compartiments tubulaires au sommet de chacun desquels s'attache un des tentacules.

Ces appendices péristomiens creux à leur intérieur, jouissent de la faculté de se retourner comme des doigts de gant pour rentrer et venir se loger dans les compartiments dont nous venons de parler. Semblables en cela aux pieds membraneux des Oursins ou aux tentacules des Colimaçons, ils se rétractent sous l'influence de fibres musculaires et s'étendent au dehors par suite de l'injection d'un liquide dans la cavité dont ils sont creusés.

Les replis radiés deviennent libres au-dessous de l'extrémité inférieure du tube digestif. Alors l'intérieur du polype ne présente plus qu'une grande cavité aux parois de laquelle sont soudées des lames verticales, formant saillie et convergeant vers son axe sans pourtant s'y rencontrer. C'est là une disposition qui rappelle celle qu'on observe chez les Médusaires. Ces lames se couvrent sur leur bord d'un bourrelet pelotonné, plusieurs fois contourné sur lui-même et au-dessous duquel sont placées les glandes génératrices.

L'organisation étant connue dans ses caractères extérieurs, occupons-nous maintenant d'une question dont M. Lacaze-Duthiers a bien fait ressortir l'importance et à la solution de laquelle s'intéressent un grand nombre de points de l'histoire du Corail; nous voulons parler de la question relative aux tissus et à leur structure intime. Nous allons donc étudier successive-

ment sous ce rapport les parties molles des polypes, l'écorce ou tissu commun dans lequel ils sont plongés et le polypier ou axe solide arborescent qui forme comme la charpente intérieure de cet édifice vivant.

Les bras et les parois de la cavité générale sont constitués par deux couches très-distinctes. L'externe dense et épaisse est formée de cellules d'un très-petit diamètre et d'un contenu finement granuleux. Un certain nombre de capsules filifères (nématocystes) disséminées au milieu des éléments principaux représentent les rudiments de l'appareil urticant si bien développé chez les autres Polypes ainsi que chez les Méduses. Les nombreuses tubérosités verucciformes qui garnissent les bras des Hydres d'eau douce sont en effet composées de petites vésicules transparentes logeant chacune dans leur intérieur un fil extersile. Ces fils d'une ténacité extrême sont dardés au dehors toutes les fois que le tentacule est irrité par le contact d'un corps étranger, et c'est en s'enroulant autour de la proie ou même en pénétrant dans sa substance qu'ils paraissent en effectuer la capture.

La couche interne de l'écorce est composée de cellules d'un diamètre au moins dix fois plus grand que celles du parenchyme externe. De plus, elles sont remplies de granulations nombreuses et très-volumineuses, constituées selon toute apparence par de la fécule. L'existence réelle de cette substance chez le Corail n'aurait d'ailleurs rien de surprenant, puisque des matières de même ordre ont déjà été rencontrées dans les aréoles des tissus animaux et jusque dans la constitution intime de leur trame. C'est même ce dernier fait qui n'a pas permis de conserver au nombre des caractères distinctifs des deux grands règnes organiques, ceux qu'on avait cru pouvoir fonder sur la composition ternaire ou quaternaire des parties contenantes.

Afin que la couche interne puisse se prêter facilement aux extensions et aux contractions de la couche externe, les cellules à gros granules forment par leur juxtaposition une espèce de résille, dont les mailles varient d'étendue suivant les déformations du corps et des tentacules.

D'innombrables cils vibratiles tapissent tous les points de la surface de ce réseau muqueux, depuis les parties les plus profondes de la chambre viscérale jusqu'aux cavités des bras et de leurs moindres barbules. Une si grande profusion de ces agents moteurs

indique qu'ils sont destinés à jouer un rôle important dans l'économie des polypes, rôle que nous n'allons pas tarder à faire connaître.

Le corps des animaux du Corail est en réalité une dépendance de l'écorce, c'est-à-dire du tissu épais, charnu, facile à entamer avec l'ongle, qui leur forme comme une gangue commune à l'aide de laquelle ils se mettent en relations mutuelles. C'est aussi par son intermédiaire qu'ils se fixent aux parties compactes occupant l'axe des diverses branches et dont l'ensemble constitue le polypier. Alors que la nature végétale du Corail était acceptée, les opinions les plus singulières régnaient sur ce revêtement extérieur : Réaumur, par exemple, considérait ce que M. Lacaze-Duthiers nomme écorce, comme une plante parasite qui se construit elle-même un soutien sous forme d'une tige pierreuse (le polypier ou corail de l'industrie) « si belle, dit-il, qu'elle s'est presque seule attiré l'attention et qu'elle a usurpé le nom de la plante (écorce) à qui elle doit son origine. »

L'écorce est formée essentiellement par une substance hyaline cellulaire parcourue dans tous les sens par des canaux, creusée de cavités où se logent le corps des polypes et semée d'innombrables corpuscules vivement colorés en rouge. Ce sont ces derniers éléments qui frappent tout d'abord lorsqu'on applique le microscope à l'étude d'une coupe mince du tissu cortical. Ce sont de très-petites [1] concrétions calcaires plus ou moins allongées, couvertes de nodositées, hérissées d'épines cristallines, et dont la présence fait paraître la coupe en observation comme semée de pierreries à facettes étincelantes.

Ces spicules ou sclérites (de σκληρός, *scléros*, dur) affectant toujours la même disposition ont permis à M. Lacaze-Duthiers de reconnaître avec la plus grande certitude le Corail dans les premières phases plus ou moins équivoques de son évolution. M. Valenciennes a même fait connaître un grand nombre de faits qui tendent à donner de la valeur à la considération de la forme de ces corps et de leurs analogues chez les autres types de la classe des Polypes et chez les Spongiaires, pour la classification des types. Ce sont là des harmonies dont l'importance est certes diffi-

[1] Leur dimension ne dépasse pas ordinairement 5 à 7 centièmes de millimètre.

cile à comprendre ; mais ne voyons-nous pas chez les Poissons une relation analogue exister entre l'organisation générale et la configuration des écailles ou même des osselets internes de l'oreille.

Ce fut Swammerdam, l'observateur plein d'exactitude, l'ingénieux auteur du *Biblia naturæ* qui donna la première idée exacte des éléments cristallins de l'écorce du Corail. Et il est certainement très-curieux de pouvoir attribuer la découverte des corpuscules auxquels le tissu général des Polypes doit sa couleur rouge, au même auteur qui constata le premier (1658) que la couleur caractéristique du sang tient à l'existence des globules.

De même que pour ceux-ci, la teinte des sclérites est plus faible sur de minces épaisseurs. Ce n'est que par association qu'ils arrivent à former la couleur vive que nous offre l'écorce dans son ensemble. Si à l'approche de l'épanouissement, les rameaux se montrent toujours translucides et d'une couleur plus tendre, cela tient à l'abondance des liquides qui, en gonflant les tissus, augmentent les distances relatives des corpuscules rouges.

Les nodules calcaires du système cortical constituent chez les divers Coralliaires ce que MM. Milne-Edwards et Jules Haime appellent le sclérenchyme dermique, les mêmes auteurs réunissant sous le nom de sclérenchyme épidermique toutes les productions calcaires qu'ils croient pouvoir considérer comme dépendantes de la pellicule superficielle des Polypes. L'induration du derme, ou de la partie correspondant à l'écorce, se fait de deux manières, suivant que les parois protectrices auxquelles elle doit donner naissance doivent être simplement coriaces ou bien semblables à de véritables murailles. Dans le premier cas, l'ossification est diffuse et les nodules calcaires restent indépendants les uns des autres ; c'est ce que nous présentent les Alcyons, les Gorgones et le Corail lui-même. Dans le second cas, plus fréquemment réalisé, les nodules sclérenchymateux émettent des appendices qui se soudent directement ou bien se renflent à leurs extrémités pour constituer de nouveaux nodules. Habituellement alors, les cloisons rayonnantes, fournies à la chambre viscérale par les prolongements lamellaires de la face interne du derme, prennent également part à l'ossification, et c'est à la présence de ces cloisons calcaires disposées circulairement autour d'un axe central

que les cavités laissées par les Polypes à la surface de leurs arborescences doivent leur apparence étoilée.

Passons maintenant à ce qu'il y a de plus essentiel à noter sur le polypier, c'est-à-dire sur la partie dure qu'emploient exclusivement les joailliers.

Le polypier se présente avec une forme conique ou cylindro-conique. Sa surface offre des cannelures où sont couchés les vaisseaux parallèles ou profonds de l'enveloppe corticale, lesquels lui constituent comme une espèce de gaîne étroite qui l'accompagne dans toutes ses ramifications et se soumet à tous les caprices de ses formes.

Il est à noter que l'axe solide ne s'étend jamais jusqu'au sommet des branches : les extrémités de celles-ci, comme toutes les parties jeunes de l'arborescence, sont en effet formées presque entièrement par une écorce épaisse ; aussi restent-elles molles et flexibles. C'est même de cette particularité qu'est née cette vieille croyance accréditée auprès des pêcheurs, à savoir que le Corail n'acquiert sa dureté qu'après sa sortie de la mer.

La forme cylindrique propre au polypier n'est pas celle qu'il revêt à l'origine. Il est en effet représenté d'abord par une lame simple, tantôt par trois ou quatre lamelles réunies de manière à laisser autour de leur ligne d'intersection des angles dièdres plus ou moins irréguliers et plus ou moins profonds. C'est ce dont on peut s'assurer en dépouillant de leur écorce les rameaux nouvellement formés, ou bien en observant le développement de jeunes pieds de Coraux.

Si l'axe solide primitivement irrégulier devient ensuite cylindrique, cela tient à ce que les inégalités latérales du premier noyau calcaire se comblent peu à peu par le dépôt de couches concentriques moulées exactement les unes sur les autres. Une coupe mince, perpendiculaire à l'axe du polypier, tout en permettant de discerner cette structure, montre que la coloration rouge n'est pas distribuée d'une manière uniforme dans son épaisseur. Des bandes rayonnantes de couleur plus foncée partent du sommet des arêtes de la masse irrégulière centrale, et des bandes plus claires et plus minces, couvertes de petites stries noires, naissent du fond des sillons pour aboutir aux cannelures de la surface.

Ces diverses notions que nous devons à M. Lacaze-Duthiers ne

sont pas seulement intéressantes par elles-mêmes : elles doivent surtout leur importance au parti qu'il en a ;iré pour la détermination de la véritable origine du polypier. De tous les faits accumulés par l'habile observateur, il résulte que cet axe calcaire n'est pas, comme on le croyait, une dépendance de l'épiderme.

III

Digestion, Circulation et Respiration chez le Corail.

Les fonctions de nutrition et les organes qui leur sont consacrés présentent une grande simplicité chez le Corail, mais ne laissent pas que d'offrir plusieurs particularités intéressantes.

La constitution de l'appareil digestif qui est propre aux Coralliaires se rencontre déjà à l'état d'ébauche chez plusieurs Acalèphes. Ainsi, chez les Cydippes, la cavité gastrique en forme de cloche qui occupe le centre de l'ombelle des Médusaires, présente un prolongement labial tubulaire qui, au lieu de s'avancer au dehors en forme de trompe comme chez la plupart des animaux voisins, se renverse en dedans pour constituer une chambre pharyngienne antérieure et axile. Chez les Coralliaires, les bords de l'orifice buccal se continuent également dans l'intérieur de l'animal, avec un tube membraneux suspendu au milieu de la grande cavité du corps; mais ce tube est muni inférieurement d'un muscle annulaire qui par sa contraction le transforme en un sac où les aliments peuvent séjourner jusqu'à ce qu'ils soient digérés. Après une élaboration suffisante, le muscle annulaire se relâche et les matières nutritives se répandent dans la chambre viscérale, et de là dans l'appareil irrigatoire.

De même que chez les Acalèphes, l'estomac se montre chez les Coralliaires en communication directe avec l'appareil distributeur des fluides nourriciers; celui-ci occupe l'épaisseur de l'écorce et se compose de deux ordres de vaisseaux que M. Lacaze-Duthiers a pu étudier à l'aide d'injections bien réussies. Les uns, cylindriques sur toute la longueur de leur trajet et relativement très-gros, marchent parallèlement les uns à côté des autres le long de la surface du polypier, en y laissant des empreintes en forme de cannelures. Ils constituent ce que notre auteur appelle « la couche

profonde des vaisseaux parallèles de l'écorce ». Ces canaux paraissent destinés surtout à tenir en réserve une grande partie des fluides nourriciers, et à mettre ceux-ci autant que possible à l'abri des mélanges qui pourraient en les appauvrissant les rendre moins propres à l'entretien et à l'accroissement des organes. Tout en suivant l'axe pierreux dans ses diverses ramifications, ils s'envoient de loin en loin de courtes anastomoses perpendiculaires à leur direction et se mettent en rapport avec les autres vaisseaux de la substance corticale.

Ceux-ci, en nombre incalculable, sont irréguliers et beaucoup plus étroits que les précédents; ils forment un lacis à mailles inégales, entrecoupées dans tous les sens, qui occupe toute l'épaisseur de l'écorce et établit un nombre presque infini de communications entre ses parties profondes et ses parties superficielles. C'est à lui que sont dues les perforations de diverses formes qui criblent les lames minces des préparations microscopiques.

Le réseau irrégulier de l'écorce communique directement avec les cavités intérieures des Polypes par tous les canaux qui s'en approchent. Son rôle est de puiser dans la chambre viscérale les fluides que le tube stomacal y a versés, et de les distribuer ensuite sur tous les points de la colonie.

Il n'est pas possible d'admettre que l'appareil irrigatoire du Corail s'ouvre à l'extérieur par des pores spéciaux analogues à ceux que M. Ehrenberg a observés pour la première fois et dont la présence peut être constatée sur le bord de l'ombelle des Médusaires, à l'extrémité des tentacules circumbuccaux des Anémones de mer, aussi bien que sur les diverses parties du corps d'un grand nombre de Polypes agrégés. Les préparations anatomiques les plus multipliées et les plus soignées n'ont pu révéler à M. Lacaze-Duthiers l'existence chez le Corail de ces pertuis de l'appareil gastro-vasculaire, pertuis qu'on ne peut d'ailleurs regarder que comme des émonctoires pour le produit de certaines sécrétions.

Quelles que soient leur forme et leur dimension, les vaisseaux corticaux sont toujours tapissés à leur intérieur par une couche plus ou moins épaisse de cellules analogues à celles que nous avons vues former le revêtement interne des parois des barbules, des bras et de la cavité générale. L'épithélium vibratile qui couvre la surface de toutes les cavités du corps des Polypes, se continue en

effet jusque dans les dernières ramuscules du réseau vasculaire; et c'est grâce aux ondulations des cils de cet épithélium que les fluides nutritifs provenant de la chambre viscérale sont entraînés d'un mouvement rapide dans toutes les dépendances du système irrigatoire.

C'est par l'intermédiaire de ces nombreux canaux creusés dans l'épaisseur du tissu commun, que tous les individus établissent des communications promptes et faciles entre leurs organismes respectifs. Par suite de ces relations, chaque Polype, tout en pourvoyant directement à sa propre alimentation, mange et digère pour toute la population. Ce sont des échanges continuels entre lui et ceux avec lesquels il est uni; il vit pour le corps tout entier, et le corps tout entier vit pour lui; la solidarité est telle qu'aucun individu ne peut rester indifférent à l'état vital de ses voisins. Dans ces sortes de sociétés, l'inactivité d'un membre pèse sur ses collègues, mais aussi les bénéfices de chacun sont répartis avec intégrité entre tous. C'est ainsi que chez le Corail et chez les autres agrégations analogues, tous les efforts particuliers se confondent et s'unissent dans l'activité générale qui fait prospérer la colonie tout entière.

Dans l'embranchement des Zoophytes, ce n'est que chez les Échinodermes qu'on voit apparaître des organes spéciaux pour la respiration. Les polypes du Corail présentent une respiration diffuse et cutanée; mais à raison de la grande quantité d'eau qui sous l'impulsion des cils vibratiles circule dans le système irrigatoire en communication avec la cavité gastrique, il est certain que les surfaces intérieures de l'organisme ne restent pas étrangères aux échanges de gaz entre le fluide nourricier et l'eau ambiante. Ajoutons que les tentacules, par leur surface interne tapissée de cils vibratiles et par leur surface externe privée de ces cils, mais multipliée par la présence des barbules, doivent aussi intervenir d'une manière active dans le travail respiratoire.

Si les deux facultés essentielles de l'animalité : la sensibilité et la motilité, nous apparaissent chez le Corail avec plus d'évidence qu'aux premiers observateurs, nous sommes encore loin de connaître les appareils à l'aide desquels elles s'exercent. Les traces du système nerveux sont encore à trouver, et les fibres musculaires paraissent être, au moins sur beaucoup de points, remplacées dans leurs fonctions par la substance contractile que Dujardin

a désignée sous le nom de sarcode et qu'on doit considérer comme la base essentielle de tout organe actif de mouvement.

IV

Multiplication gemmipare. — Reproduction par œufs. — Fécondation. — Ovoviviparité. — Naissance et fixation des larves.

L'extension d'une colonie s'effectue par des bourgeons formés aux dépens du revêtement cortical de l'arborescence. C'est particulièrement autour des Polypes placés aux extrémités des tiges que se manifeste surtout l'action de cette sorte de blastogenèse. Dans le cas de rupture d'une branche l'écorce déborde de la blessure, la cicatrise et constitue un véritable moignon dont la surface se hérisse bientôt de gemmes réédificateurs.

Cette multiplication des individus par voie de bourgeonnement n'est en réalité qu'un phénomène de nutrition. Lorsqu'un Polype a atteint une taille convenable, un travail nutritif exubérant s'effectue en effet dans une portion du corps, et au lieu de produire simplement l'agrandissement de cette partie, il amène la formation d'un individu tout à fait semblable à celui qui lui a sacrifié une portion de sa substance.

Mais ce n'est pas ici comme chez les Hydres d'eau douce où chacun des bourgeons parvenus à terme se rétrécit à sa base et bientôt se détache pour aller mener une vie complétement indépendante de celle de son parent. Chez le Corail et les autres Polypes madréporiques, le nouvel individu adhère au premier d'une manière permanente. Évidemment un tel mode de multiplication ne pouvait suffire à des animaux liés ainsi d'une manière indissoluble pendant toutes les phases de leur existence, car alors l'établissement de colonies nouvelles serait devenu impossible, et la prospérité de l'espèce n'aurait pu dépendre que de l'accroissement incessant du nombre des membres de la même association. Aussi pendant que les bourgeons compliquent les arborescences, des germes disséminables permettent-ils aux Coralliaires de propager au loin leurs peuplades sédentaires.

Il est certes curieux de voir les animaux agrégés réunir les mêmes modes de multiplication que les plantes : d'une part l'œuf, correspondant naturellement à la graine, et d'autre part le bour-

geon. Il n'est pas jusqu'à la propagation par bulbilles présentée par certains Lis et certaines Ficaires, qui ne trouve son analogue dans cette classe des Polypes, déjà si curieuse à tant d'égards. Chez les Synhydres parasites on trouve en effet des corps reproducteurs qui participent à la fois à la nature des bourgeons et à celle des ovules, car ils se constituent par extension de tissu comme les premiers et, de même que les seconds, ils se séparent complétement de l'individu souche, avant de s'être assez développés pour former un animal nouveau. C'est là une forme du travail reproducteur, dont on n'avait pas encore rencontré d'exemple avant les travaux de M. de Quatrefages sur ces singuliers animaux.

Chacun des polypes du Corail est apte à cette double reproduction par œufs et par bourgeons, aussi bien qu'à l'approvisionnement de la communauté. Nous ne trouvons pas ici, comme chez plusieurs Zoophytes composés, le travail physiologique divisé entre les divers individus : les uns dépourvus de bouche et de tentacules ne s'occupant que de la reproduction ; les autres, semblables aux polypes ordinaires, servant de pourvoyeurs aux premiers.

Les organes générateurs du Corail se développent dans l'épaisseur des lames rayonnantes qui divisent le fond de la chambre viscérale. En certains points de ces lames se produisent de petites tumeurs qui deviennent promptement saillantes : par les progrès de développement, elles s'éloignent peu à peu des replis qui leur ont donné naissance et finissent par se pédiculer. Si pendant la belle saison on coupe un polype perpendiculairement à l'axe de son corps, on voit flotter dans la chambre viscérale de petits corps blancs en nombre variable, réniformes, ovoïdes ou sphériques qui ne sont pas autre chose que les glandes mâles ou les œufs suspendus à des filaments grêles. Il est rare de trouver chez le même Polype les organes des deux sexes : aussi la diœcie paraît-elle être le caractère normal de tous les Polypes madréporiques. Le testicule se distingue de l'œuf par la transparence qu'il présente à son centre : cela tient à ce que le plasma qui le remplit d'abord s'organise de la circonférence au centre et commence le dépôt des couches concentriques de cellules, sur la surface interne de la capsule testiculaire.

Ces cellules ainsi développées donnentchacune naissance à leur

intérieur à trois ou six autres cellules, qui sont les véritables éléments du sexe mâle, car ce sont elles qui renferment les spermatozoïdes. Ceux-ci ressemblent aux spermatozoïdes des mammifères. Leur queue est très-fine et très-déliée, et leur tête globuleuse reste longtemps engagée dans la cellule productrice dont elle semble avoir de la peine à se débarrasser. Dès que ces filaments sont tout à fait libres, ils se meuvent avec une agilité extrême et traversent le champ du microscope comme des traits.

L'œuf, comme la glande mâle, est logé dans une capsule, formée aux dépens des replis radiés, et couverte comme ceux-ci de cils vibratiles très-vifs. Il présente la même composition que chez les animaux supérieurs : on y retrouve en effet la membrane vitelline, le vitellus ou fluide granuleux organisable, la vésicule germinative et à la surface de celle-ci la tache germinative.

L'hermaphrodisme ne se présentant qu'accidentellement chez le Corail, la fécondation, comme pour tous les animaux aquatiques fixes et unisexués, a besoin d'être secondée par les courants de l'eau. La nécessité de ce secours paraît rendre bien aléatoire l'accomplissement d'un acte d'une telle importance. Mais la nature, tout en variant les conditions physiologiques des êtres vivants, ne néglige jamais ce qui peut assurer leur perpétuation : aussi pour compenser les chances d'insuccès, a-t-elle gratifié de masses considérables de matière fécondante les plantes dioïques et les animaux sédentaires à sexes séparés, afin que cette matière pût être disséminée au loin et sur de grandes étendues.

Au moment de la fécondation, les polypes mâles du Corail rejettent par la bouche un liquide blanc laiteux qui descend avec lenteur sous forme d'un nuage qui devient de plus en plus clair à mesure que sa substance se dilue davantage.

L'action des spermatozoïdes dont ce nuage est chargé, s'opère dans la cavité viscérale des Polypes femelles et dans l'ovaire lui-même. Ces filaments mobiles pénètrent dans le sein même du vitellus, mais l'extrême délicatesse de la capsule ovarienne et de la membrane vitelline n'a pas permis à M. Lacaze-Duthiers de constater l'existence du pertuis ou micropyle que les embryogénistes allemands ont découvert dans l'œuf des mammifères, et par où le spermatozoïde s'introduit dans la masse organisable du vitellus pour lui communiquer en quelque sorte le mouvement dont il est animé.

Les œufs fécondés commencent leur évolution dans l'intérieur même des Polypes femelles et n'en sortent que lorsqu'ils sont arrivés à l'état de jeunes aptes à mener une vie propre et indépendante. Le Corail est donc ovovivipare. Les embryons sous forme de corps ovoïdes blanchâtres, couverts de cils vibratiles et déjà très-mobiles avant leur naissance, restent assez longtemps dans la chambre viscérale de leur mère. Il est facile de les observer par transparence au travers des parois du corps : on les voit cheminer entre les replis radiés, et monter dans les loges périœsophagiennes. M. Lacaze-Duthiers les a même vus s'engager jusque dans les cavités dont sont creusés les tentacules, malgré les grands efforts qu'ils sont ensuite obligés de faire pour en sortir.

C'est par la bouche de leur mère que les larves s'échappent, et cette émission a lieu aussi bien lorsque le Polype est contracté que lorsqu'il est épanoui. L'orifice buccal s'ouvre largement et les larves en sortent d'elles-mêmes et comme entraînées par leurs cils vibratiles, ou bien en sont expulsées par les contractions des parois du corps de leur mère.

Alors leur longueur est à peu près le double de leur largeur ; mais vers la fin de la période de liberté, le jeune animal est de dix à quinze fois plus large et ressemble alors à un petit ver blanc. Dans toutes les périodes de son existence, depuis l'éclosion de l'œuf dans le sein de sa mère, jusqu'à l'inauguration de la vie sédentaire, la larve coralliaire se montre douée d'une très-grande contractilité et susceptible de revêtir en peu d'instants les apparences les plus variées : à l'état de repos, elle est habituellement pyriforme, mais lorsqu'elle nage, elle est ou cylindroïde, ou tout à fait filiforme ou même quelquefois tordue en hélice.

Toujours la larve progresse avec l'extrémité buccale tournée en arrière. La raison de ce fait est dans la nécessité de la fixation du jeune animal : la partie basilaire avançant la première se butte contre les obstacles et tend à y adhérer. Lorsque, après la naissance, les larves se sont laissées aller au fond de l'eau, elles remontent ensuite verticalement jusqu'à ce que leur extrémité renflée vienne rencontrer la voûte d'un rocher. Ainsi ces diverses particularités de locomotion que nous a fait connaître M. Lacaze-Duthiers, expliquent très-bien pourquoi le Corail se forme à la partie inférieure des roches et non au-dessus d'eux.

Lorsque le moment de la fixation est arrivé, la forme vermiculaire disparaît pour faire place à une forme ventrue puis discoïde. La partie basilaire renflée semble attirer en elle la portion effilée ou buccale, et la face libre du disque, c'est-à-dire celle qui correspond à l'extrémité buccale de la larve, se montre bientôt creusée d'une dépression au fond de laquelle s'est retirée la bouche. Un gros bourrelet, première ébauche de la couronne tentaculaire, forme les bords de cette concavité. Avant la fin de cette première période, les lames radiées sont déjà indiquées et c'est un des mérites de l'auteur de l'*Histoire naturelle du Corail* d'en avoir saisi le mode de formation.

Le jeune polype une fois fixé ne tarde pas à se colorer en rouge. Souvent alors sa taille ne dépasse pas un demi ou même un quart de millimètre de diamètre. Pendant sa contraction il s'offre à l'observateur tantôt sous la forme d'un disque lenticulaire d'un rose tendre, aplati à la surface du corps qui lui sert de base, tantôt comme un petit mamelon. Lorsqu'il est épanoui, son sommet se montre orné d'une élégante couronne blanche et translucide formée par les huit tentacules barbelés déjà élevés par bourgeonnement à la surface du bourrelet marginal.

Avec l'aide du microscope on constate facilement que la couleur du petit être n'est pas due à une matière uniformément répandue, mais à un pointillé délicat tenant à l'existence de corpuscules calcaires rouges dans la profondeur des tissus. C'est à tort que plusieurs auteurs ont cru observer ces petites masses cristallines chez les embryons et chez les larves, car, ainsi que l'a reconnu M. Lacaze-Duthiers, leur dépôt ne commence à s'effectuer qu'après l'entrée de celles-ci dans la vie sédentaire.

V

Pêche du Corail. — Engins. — Nécessité de l'amélioration des règlements.

La pêche du Corail s'effectue à l'aide d'un engin tout spécial. Cet engin consiste en une croix de bois lestée dont les bras, de deux mètres de long pour les grands bateaux, portent, à leurs extrémités et à leur point d'intersection, cinq cordes de sept à huit mètres. Le long de celles-ci se trouvent fixés, de distance en

distance des filets ou *fauberts* plus ou moins volumineux dont le nombre peut s'élever jusqu'à trente-huit.

Lorsque le patron de la coraline juge qu'il est au-dessus d'un banc de Corail, il fait jeter l'engin à la mer. Ses hommes le descendent jusqu'à ce que l'amarre, en se tendant par l'effet du déplacement du bateau, indique que les fauberts se sont accrochés à la roche. L'ordre est alors donné de relâcher subitement l'amarre; cette manœuvre a pour but de faire flotter les filets et de les faire pénétrer, en tombant et en s'épanouissant, au-dessous des rochers où s'est fixé le Corail.

Les trente-huit fauberts, en éparpillant leurs mailles dans tous les sens, s'attachent aux innombrables inégalités des bancs sous-marins et les enlacent d'une manière inextricable : aussi ne sont-ils le plus souvent dégagés et ramenés qu'au prix de fatigues presque incroyables. Sous les efforts énergiques et réitérés des six ou huit hommes arc-boutés aux bras du cabestan, les cordes déracinent ou brisent enfin des blocs de rochers, immédiatement amenés sur le pont par les matelots, impatients de connaître le fruit de leur rude labeur.

Les Espagnols font usage de croix plus petites qu'ils font agir avec la main et qui peuvent pénétrer dans les anfractuosités inaccessibles aux grands engins. Outre les fauberts, chacun des bras porte, à son extrémité, une lame de fer recourbée sur elle-même en manière de cylindre. Le bord supérieur de cette lame ou *gratte* est découpé en dents et le bord inférieur sert à ajuster un petit sac de filet à mailles très-serrées destiné à recueillir les rameaux déracinés ou brisés par les dents de fer de la gratte. Les Espagnols prétendent faire des pêches extrêmement fructueuses à l'aide de cette croix ainsi armée : celle-ci doit en effet pouvoir facilement râcler le dessous des grottes et n'épargner aucun pied de Corail ; mais son emploi présente le grave inconvénient de nuire à l'accroissement et à la reproduction du Corail en détruisant les jeunes bourgeons de Polypes que respectent au contraire les cordes des fauberts. Aussi les armatures de fer sont-elles prohibées depuis longtemps sur les côtes soumises à l'administration française.

On a dans ces derniers temps proposé plusieurs fois de remplacer les filets par le scaphandre ou appareil à plongeur ainsi que par le bateau sous-marin. Mais une telle innovation ne paraît

pas pour le moment devoir facilement s'établir sans des modifications particulières de ces deux ingénieux appareils. Aussi les améliorations à apporter à la pêche doivent-elles d'abord s'adresser aux moyens dont l'efficacité a été sanctionnée par une longue pratique : parmi ces perfectionnements possibles, M. Lacaze-Duthiers considère, comme très-avantageuse sous tous les rapports, la substitution de la vapeur aux hommes, dans la manœuvre si pénible du cabestan.

Si la France a perdu à peu près complétement l'industrie et la pêche du Corail, c'est grâce à diverses difficultés dont la solution a déjà servi de sujet à une multitude de travaux, et dont la principale tient à l'absence de règlements protecteurs pouvant faire recouvrer à nos concitoyens le monopole qui leur procurait jadis de grands bénéfices. Dans l'état actuel des choses, il n'est que trop certain que l'étranger a l'avantage sur nous. La main-d'œuvre en Italie se paye aujourd'hui infiniment moins qu'en France, et tout ce qui est indispensable à la vie et à la pêche s'y trouve à meilleur marché ; les conditions de solde, de fatigue et de bien-être auxquelles se soumet encore actuellement le corailleur italien, ne sauraient plus convenir au matelot français : ces conditions sont tellement pénibles qu'on va jusqu'à dire qu'il faut avoir tué père et mère pour être corailleur. C'est de cette façon que l'on plaint de malheureux marins qui, outre le travail excessif auquel ils sont obligés de se livrer pendant toute la saison d'été sous le ciel brûlant de l'Afrique, ont souvent encore à subir les mauvais traitements de patrons durs et égoïstes chez lesquels l'avidité du gain a fait atrophier tout sentiment d'humanité, et qui ne voient dans les hommes placés sous leurs ordres que des dépositaires de forces dont il faut tirer tout le profit possible.

Les facilités dont jouissent les étrangers paralysent de toutes les façons l'armateur de notre pays. C'est ainsi que de beaux et riches produits, prospérant sans réclamer les soins de l'homme, peuvent, moyennant un simple droit annuel de quatre cents francs par réunion de huit à quinze hommes, être exploités sous nos yeux par quiconque le désire. Aussi les Espagnols à l'ouest, les Italiens à l'est, viennent-ils pêcher avec une très-grande activité tout le long de cette énorme étendue de côtes qui s'étend depuis Gibraltar jusqu'à Tripoli, et emportent-ils chaque année pour deux millions et demi de Corail brut.

La somme totale de nos revenus, diminués des frais de surveillance (environ 75,000 francs) et de la redevance de treize mille piastres au bey de Tunis pour la cession qu'il nous a faite de toutes les côtes de la Régence lors du traité de 1832, ne s'élève qu'à une quarantaine de mille francs ; et c'est pour un prix aussi minime que nous abandonnons à l'étranger, faute d'une bonne législation, un produit qui représente, ainsi que nous venons de le dire, une valeur de deux à trois millions, laquelle s'élève jusqu'à douze millions lorsque le Corail arrive aux consommateurs.

Pour que la réglementation de la pêche fût satisfaisante, il faudrait qu'elle pût sauvegarder les intérêts et les revenus du Trésor tout en favorisant la colonisation, et présider en même temps à l'aménagement des bancs. La mission dont a été chargé M. Lacaze-Duthiers avait surtout pour but de rechercher si les bancs n'étaient pas trop appauvris par une pêche active et continue, et s'il ne serait pas possible, en se basant sur la connaissance des faits relatifs à la reproduction, de les aménager de telle sorte que leurs produits pussent s'accroître. Il est certain que les bancs de Corail ne sont pas inépuisables comme le croient volontiers la plupart des pêcheurs : dans l'ouvrage où M. le baron Baude a traité toutes les questions relatives à l'Algérie avec une remarquable supériorité de vue, se trouvent mentionnés plusieurs faits bien propres à modérer l'avidité imprévoyante des corailleurs et prouvant en même temps la nécessité de laisser reposer pendant trois ou quatre ans les bancs que l'on tient à voir revenir à leur premier état de prospérité.

Pour conserver les gisements coralifères, il n'y a certainement pas de meilleur système que celui qui consiste à leur appliquer ce qu'on fait pour les Huîtres. Il faut aménager le fond de la mer comme une forêt, en l'astreignant à des coupes réglées, puis déterminer les zones où la pêche sera permise et d'autres où elle sera interdite, enfin subordonner la durée de la suspension de cette pêche à celle de l'accroissement du Corail. Une telle mesure n'aura pas seulement pour avantage d'éloigner les chances d'épuisement, mais elle provoquera encore la recherche de gisements nouveaux et multipliera ainsi de toutes les façons les ressources. Afin d'encourager les explorations nouvelles, on pourrait même réserver un droit d'exploitation, durant un temps déterminé, à tout pêcheur qui aurait découvert un banc.

Dans l'état actuel des choses, l'essentiel est de favoriser la petite pêche, car c'est surtout ainsi qu'on réussira à fixer les corailleurs en Algérie, et par suite à faire recouvrer dans sa totalité, à notre colonie africaine, un élément de prospérité dont elle n'aurait jamais dû se dessaisir. Dans le chapitre où M. Lacaze-Duthiers traite de l'avenir de la pêche du Corail en Algérie, se trouvent exposées des mesures sérieusement réfléchies qui ne peuvent manquer d'être de la plus grande efficacité. Espérons que les considérations présentées par l'auteur de l'*Histoire naturelle du Corail* seront appelées à plus de succès que toutes celles qui les ont précédées, et que ce ne sera pas pour elles un vain avantage d'avoir les premières pour bases, les données positives de la science.

E. Vignes.

DEUXIÈME PARTIE

SCIENCES APPLIQUÉES

MÉCANIQUE

ART DE L'INGÉNIEUR

I

LE PERCEMENT DE L'ISTHME AMÉRICAIN

I

LA JONCTION DES DEUX OCÉANS.

Souvenir historique. — Une ligne des Mémoires de Silvio Pellico. — Le secret du détroit. — Projet de canal dans l'Amérique septentrionale. — De Lima aux côtes du grand Para. — Le détroit Patagon. — Le percement de l'isthme américain.

A la fin du siècle dernier, le Directoire, en décidant l'expédition d'Égypte, avait en vue de faire une énergique diversion : il voulait frapper dans son commerce et menacer dans ses possessions l'insolente Angleterre qu'il ne pouvait attaquer en face. Des bords du Nil, Bonaparte devait aller dans l'Inde. Une armée de quarante mille hommes suivait le jeune général qu'entourait l'élite de nos savants. L'Égypte fut conquise par les armes et par la science : — conquête éclatante, mais passagère, dont le désastre de la flotte française à Aboukir arrêta l'essor ; — conquête moins brillante, mais impérissable, qui nous a révélé les secrets d'une civilisation enveloppée de ténèbres !

Les fastes militaires et l'archéologie ne s'enrichirent pas seuls dans ces batailles où tant de génie fut dépensé, dans ce travail où fut secouée la poussière de quarante siècles. L'art de l'ingénieur y trouva plus d'une occasion de montrer son initiative, ses ressources et ses hardiesses. En faisant siffler les balles aux oreilles de nos savants, les nomades du désert stimulaient leur zèle. Les nivellements se poursuivirent dans l'isthme de Suez, et, malgré des erreurs difficiles à prévenir quand on procède, sous le feu de l'ennemi, à des recherches qui demandent le calme, ils servirent de prélude aux grands travaux qu'un de nos compatriotes devait accomplir.

Nos soldats sont au Mexique. L'épée de la France y a fondé et y protége un nouvel empire. La politique s'en alarme; *ma di ciò non dirò nulla... Lascio la politica ov' ella sta, e parlo d'altro*[1]. La science s'en réjouit. En Égypte, elle arrachait le voile qui cachait le berceau de la philosophie antique, des arts et des lettres de la Grèce ; — au Mexique, c'est une civilisation morte qui renaît, une race anéantie qui ressuscite ; une langue désapprise comme les hiéroglyphes dont les caractères effacés reparaissent ; ce sont des monuments qui sortent de terre et dont les inscriptions racontent des poëmes. Sur les pas du linguiste et de l'archéologue, le naturaliste et l'ingénieur s'élancent à la conquête d'un monde inédit. Le long des pentes majestueuses qui s'élèvent entre les flots des deux Océans, s'étagent et se groupent les produits d'une flore inépuisable et d'une faune où la vie pullule comme sur une terre vierge. Effleurez ce sol exubérant, votre œil ravi contemplera les trésors éblouissants de la demeure des Gnomes ! L'Europe n'a tiré que des milliards des mines mexicaines qu'elle exploite depuis trois siècles ; elles renferment des richesses qui n'ont d'autre limite que la loi des nécessités économiques et de la circulation monétaire sur notre globe !

Les explorations dans cet admirable pays auront une autre conséquence. Un prince exilé rêvait, il y a vingt ans, la jonction des deux mers par un canal interocéanique. Un puissant souverain verra, nous l'espérons, se réaliser les conceptions du proscrit. Le jour où ce prodige s'accomplira, le jour où les lenteurs et les dangers de la vieille route du cap Horn seront supprimés, où les or-

[1] *Le mie prigioni.*

dres de Liverpool, de Hambourg et du Havre voleront, sur les ailes de feu de nos steamers, au milieu du plus riche marché du monde, un splendide avenir s'ouvrira pour l'Europe et pour l'humanité tout entière !

L'idée qu'une communication doit exister entre les deux mers est aussi ancienne que la découverte du Nouveau Monde. — Christophe Colomb conseillait aux navigateurs qui exploreraient les grandes routes de l'Océan de pousser toujours vers l'ouest. En 1502, après ses trois premiers voyages, après la découverte des Lucayes, des grandes et des petites Antilles, des côtes d'Amérique de l'Orénoque à Caracas, cinglant, dans une quatrième expédition, vers Costa Rica et la baie de Honduras, il s'écriait : Il y a par là, dans le fond de cette mer dont de nombreuses îles commandent l'entrée, une route qui conduit aux Indes ! — Trente ans plus tard, Fernand Cortez, rêvant une gloire plus pure que celle de la conquête du Mexique, cherchait le *secret du détroit*[1].

Ce secret est-il introuvable ? Faudra-t-il doubler éternellement le cap Horn ? Non ; l'isthme américain ouvrira ses flancs ; l'homme fera la route que la nature n'a pas créée. — Un illustre contemporain, que la mort a enlevé à la science il y a quelques années, voyageur intrépide, grand écrivain, politique libéral, philosophe, astronome, physicien, géologue, Alexandre de Humboldt, indique, dans son *Essai politique sur la nouvelle Espagne*, les contrées les plus propices à l'exécution d'un canal maritime[2]. Considérant le problème dans toute sa généralité, il présente, dans un même tableau, neuf points dont plusieurs,

[1] Lettres de Fernand Cortez à l'empereur Charles V.

[2] « La filiation séculaire de cette grande entreprise témoigne à la fois de son importance et de l'attrait puissant qu'elle a exercé à toutes les époques. Tous les grands ministres de la péninsule ont rêvé son exécution. Tous ont été arrêtés par les événements ou par l'esprit étroit du conseil des Indes. Plus tard, l'Angleterre, qui s'était créé des intérêts à Balize, dans le Honduras, s'occupa aussi de ce projet. Le célèbre Pitt, à qui rien n'échappait, l'avait compris dans ses plans généraux relatifs à l'agrandissement commercial et maritime de son pays. C'est même à cette prévision du cabinet de Londres que se rattache l'expédition anglaise envoyée, en 1780, dans les eaux du San Juan, et dans laquelle figurait un jeune officier qui devait être plus tard le grand Nelson. » (*Percement de l'isthme de Panama*, par M. Félix Belly, Paris, 1858.)

dit-il, ne sont pas assez connus en Europe et qui offrent tous une possibilité plus ou moins grande soit de canaux, soit de communications intérieures par des rivières.

Deux des tracés qu'il propose traversent l'Amérique septentrionale. — L'un joint, à travers la Cordillère des montagnes Rocheuses, les sources du Tacoutché-Tessé[1], qui se jette dans l'océan Pacifique, aux sources de la rivière de la Paix ou d'Ounigigah, qui s'écoule dans la mer Polaire, après avoir mêlé ses eaux à celles du lac de l'Esclave et du fleuve Mackenzie. — L'autre réunit le Rio del Norte ou Rio Bravo, qui se jette dans le golfe du Mexique, avec le Rio Colorado dont l'embouchure se trouve au fond du golfe de Californie.

Deux autres projets nous transportent, au contraire, au sud de l'isthme américain. « Sous les 10° de latitude australe, à deux ou trois journées de Lima, on arrive au bord de la rivière de Guallaga, par laquelle, sans doubler le cap Horn, on peut se rendre aux côtes du grand Para, dans le Brésil. Les sources du Rio Huanuco, qui se jette dans le Guallaga, sont éloignées, près de Chinche, de quatre ou cinq lieues des sources du Rio Huaura, qui débouche dans l'océan Pacifique. La hauteur de la Cordillère péruvienne et la nature du terrain y rendent impossible l'exécution d'un canal ; mais la construction d'une route commode, tracée de la capitale du Pérou au Rio de Huanuco, faciliterait le transport des marchandises en Europe. Les grandes rivières de l'Ucayale et du Guallaga porteraient, en cinq ou six semaines, les productions du Pérou à l'embouchure de l'Amazone et aux côtes les plus voisines de l'Europe, tandis qu'il faut un trajet de quatre mois pour faire parvenir ces marchandises au même point, en doublant le cap Horn. »

Humboldt rappelle ensuite que quelques auteurs ont conçu, disons le rêve plutôt que le dessein, d'établir un canal entre les 45° et les 47° de latitude australe :

« Avant que la côte des Patagons fût suffisamment reconnue, on supposait que le golfe de Saint-Georges entrait assez avant dans les terres pour communiquer aux bras de mer qui interrompent

[1] On a longtemps confondu cette rivière avec le Colombia. Malte-Brun est un des premiers qui aient mis en doute leur identité. Il est reconnu aujourd'hui que le Rio Colombia ou Orégon diffère entièrement du Tacoutché-Tessé ou Frasers river.

la continuité de la côte occidentale, c'est-à-dire de la côte qui est opposée à l'archipel de Chayamapu. Si cette supposition était fondée sur des bases solides, les bâtiments destinés pour la mer du Sud pourraient traverser l'Amérique méridionale à 175 lieues au nord du détroit de Magellan et raccourcir leur route de plus de 700 lieues. Les navigateurs éviteraient par là les dangers qu'offre encore, malgré le perfectionnement de la science nautique, le voyage autour du cap Horn et le long des côtes Patagones occidentales, depuis le cap Pilarès jusqu'au parallèle de l'archipel des îles Chonos [1]. »

Nous laisserons de côté ces quatre projets qui sont en dehors du cadre dans lequel nous circonscrivons cette étude. Nous nous bornerons à examiner les différents tracés imaginés, soit au Mexique, soit dans l'Amérique centrale, soit à travers le pays, plus étroit encore, qui forme, en quelque sorte, les ouvrages avancés de la Nouvelle-Grenade ; et, pour nous faire une idée plus précise de la configuration générale et des reliefs de l'isthme sinueux qui élève une digue entre les deux mers ; pour mesurer, avec connaissance de cause, les difficultés de l'entreprise, nous jetterons les yeux sur une carte du nouveau continent, du Mexique à la Nouvelle-Grenade.

II

ASPECT GÉNÉRAL DE L'ISTHME AMÉRICAIN.

L'isthme de Tehuantepec. — Le Guatemala. — San Salvador. — Le Honduras. — Nicaragua. — Costa-Rica. — L'isthme de Panama et le golfe San-Miguel.

Si nous allons du nord au sud, nous remarquons d'abord, comme théâtre possible des travaux du percement, la partie la plus étranglée du Mexique méridional, l'isthme de Tehuantepec, compris entre le golfe du même nom et le golfe de la Vera-Cruz. Trois grandes rivières le sillonnent, auxiliaires naturels qu'il serait sans doute possible d'utiliser : le Tehuantepec et le Chimalapa, du côté de la mer Pacifique, le Guazacoalco [2], du côté de

[1] *Essai politique sur la Nouvelle-Espagne.* — Paris, Renouard, 1825.

[2] C'est par ce fleuve que Cortez pensait pouvoir naviguer un jour à travers l'isthme. Montezuma lui avait donné une carte grossière où le Guazacoalco tombait, comme une perpendiculaire, sur le littoral de Tehuantepec.

l'Atlantique. Le grand obstacle, ici comme dans la plupart des régions que nous allons rapidement parcourir, est la chaîne de montagnes qui prolonge, vers le nord de l'Amérique, les Cordillères du Chili et du Pérou. Dans un des passages les plus bas, au col de la Chivela, on trouve, entre les deux versants, une haute barrière. La ligne de faîte qui forme le partage des eaux entre les deux océans, est interrompue par une vallée ; toutefois je doute, dit Humboldt, — dont le nom revient souvent dans le cours de cette étude ; mais comment ne pas en appeler à cette grande autorité ? — je doute que, dans le temps des fortes crues, cette vallée se remplisse (comme on l'a avancé) d'une quantité d'eau suffisante pour permettre un passage naturel aux bateaux des indigènes. Je sais bien cependant que quelque chose de semblable existe entre les bassins du Mississipi et de la rivière Saint-Laurent, c'est-à-dire entre le lac Erié et le Wabash, entre le lac Michigan et la rivière des Illinois. — Le doute s'est depuis changé en certitude. Au Mexique, ces communications temporaires n'existent pas.

Au midi du Yucatan est l'ancienne capitainerie générale de Guatemala, aujourd'hui démembrée, après de violentes convulsions, en cinq républiques indépendantes : Guatemala, Honduras, San Salvador, Nicaragua et Costa Rica. — D'un bout à l'autre de l'Amérique centrale, la Cordillère serre de près la côte occidentale ; les rives baignées par la mer des Antilles sont basses et marécageuses ; au centre du pays est un plateau élevé.

Dans le Guatemala, la plus septentrionale des cinq républiques, de nombreuses vallées s'étendent entre les contre-forts de la montagne : — disposition favorable à la canalisation de l'isthme, mais contrariée, mais rendue impossible, s'il est permis, à notre époque, de prononcer ce mot en face des progrès de la science, par la hauteur et par les accidents de la chaîne principale. Les volcans se touchent et font craquer le sol ; les pics s'aiguisent dans les airs ; l'eau et le feu semblent se défier sur les hautes cimes. Il faudrait, pour transporter les navires d'une mer à l'autre, les faire passer par-dessus les nuages !

San Salvador n'est baigné que par le Grand Océan. C'est une bande de terre alluviale que commande un plateau hérissé de pics volcaniques. Le plateau, d'une grande hauteur, n'est pas lié à la Cordillère : une rupture l'en sépare ; au fond coule une rivière

navigable sur la plus grande partie de son cours, le Rio Lempa. Cette rivière, après avoir fécondé la vallée, se fraye un passage à travers le plateau de San Salvador et ouvre ses bouches dans la mer Pacifique. Pour canaliser l'isthme, il faudrait creuser un long tunnel sous la montagne, afin de joindre le Rio Lempa aux rivières du versant opposé.

Le Honduras, comme le Guatemala, occupe toute la largeur de l'isthme, mais la plus grande partie des côtes s'étend sur la mer des Antilles. La pointe occidentale affleure au golfe de Fonseca. — Deux vallées semblent y faciliter l'exécution d'un canal : celle de Guascoran, sur le versant de l'océan Pacifique ; celle de l'Humaya, sur le versant de la mer des Antilles. Au-dessus s'élèvent le plateau de Comayagua, capitale de la république, et l'éternelle muraille des Cordillères.

Au midi du Honduras et du territoire des Mosquitos est le Nicaragua. — Ici, des pics volcaniques, de nombreuses rivières, de grands lacs. Les lacs occupent le fond de la déchirure qui traverse obliquement l'isthme et versent leurs eaux dans l'océan Atlantique, par le San Juan. Une bande de terre, d'une dizaine de lieues de largeur, mène à la mer Pacifique. « L'isthme de Nicaragua, par la position de son lac intérieur et la communication de ce lac avec la mer des Antilles, au moyen du Rio San Juan, présente plusieurs traits de ressemblance avec cette gorge de la Haute-Écosse où la rivière de Ness forme une communication naturelle entre les lacs des montagnes et le golfe de Murray. A Nicaragua, comme dans la Haute-Écosse, il n'y a, à l'ouest, qu'un seuil étroit à franchir[1]. »

Quant au territoire de Costa-Rica, auquel le lac et le fleuve servent de limites, il descend, en vastes gradins, de la chaîne des Cordillères. Le plateau principal, celui de San José, est à 1,500 mètres au-dessus du niveau de la mer.

La superficie des cinq républiques est à peu près celle de la France; malheureusement, l'Amérique centrale a tout au plus assez d'habitants pour peupler ses huit cents lieues de côtes. Mais le présent est plein de promesses : San José, capitale des Costa-Riciens, n'était, il y a une trentaine d'années, qu'un misérable bourg; San José est aujourd'hui une ville de 25 à 30,000 âmes.

[1] *Essai politique sur la Nouvelle-Espagne.*

Qui sait ce qu'elle comptera d'habitants dans un siècle? L'isthme américain nous paraît destiné à devenir un des entrepôts des deux monde. « La population de ces pays, dit M. Félix Belly qui a vécu au milieu d'elle, issue des conquérants espagnols, des Indiens aborigènes et des anciens esclaves noirs, constitue une race vigoureuse et intelligente, affranchie de tous les préjugés de castes, tolérante, hospitalière, laborieuse quand elle y trouve son intérêt, et d'une fidélité irréprochable dans ses engagements... La température varie selon les hauteurs, mais elle est partout plus tolérable qu'à Paris au mois d'août, grâce aux brises alternées des deux mers, et, sur certains plateaux, elle réalise l'idéal d'un printemps éternel. La salubrité du climat, qu'on a souvent contestée, est complète dans l'intérieur, et si quelques points des côtes sont accidentellement insalubres dans la saison des pluies, ils ne le sont pas plus que les marais du Rhône. — Les premiers possesseurs de l'Amérique centrale la regardaient comme un des plus beaux joyaux de la couronne d'Espagne. »

Dans l'isthme de Panama, traversé, dès 1513, par Vasco Nunez de Balboa, qui, le premier, embrassa du regard les deux Océans, les Cordillères abaissent leurs cimes et leurs cols. D'anciens nivellements avaient donné 200 mètres comme hauteur de l'un des passages les plus favorables. Plus tard, au port de Paya, ce nombre fut réduit de 65 mètres. Dans une direction étudiée plus récemment, de Chagres à Panama, on compte seulement 75 mètres de hauteur maxima.

La Cordillère occidentale de la Nouvelle-Grenade subit également une dépression très-grande aux latitudes du golfe de Darien. En même temps, l'isthme se rétrécit notablement en certains points. Le golfe San Miguel, par exemple, semble courir au-devant des eaux de l'océan Atlantique.

Tel est, dans ses lignes principales et dans son relief, l'isthme qui soude les deux Amériques, telles sont les régions naturellement désignées pour l'établissement d'un canal interocéanique. Si l'on passe sous silence la traversée fantastique de Guatemala et la solution plus ingénieuse que pratique qui, passant sous la montagne, joindrait le Rio Lempa aux rivières du versant oriental de la Cordillère, six contrées semblent se prêter au percement de l'isthme et appellent particulièrement l'attention des ingénieurs : le Mexique méridional, le Honduras, la vallée lacustre de Nicara-

gua, l'isthme de Panama, l'isthme de Darien, et la Nouvelle-Grenade, dans la direction de l'Atrato.

III

LE DÉTROIT DE DARIEN

Le niveau des deux mers. — Projet de détroit du docteur Cullen. — De Cupica à la rive gauche de l'Atrato. — Le canal du curé de Novita. — Tracé de M. Kelley. — Le plateau de Comayagua.

Le rapprochement des deux mers au golfe de San Miguel autorisait les ingénieurs à considérer l'isthme de Darien comme l'emplacement naturel du canal océanique. Il fut un instant question d'y exécuter mieux qu'un canal, dont la construction impose les complications et les artifices des barrages et des écluses, — un passage direct d'une mer à l'autre, un véritable détroit.

Cette conception s'accordait-elle avec la constitution physique du globe en ces lieux? Le niveau des deux mers se prête-t-il à la création d'un détroit artificiel? Avait-on raison de faire bon marché de la croyance commune, conforme à l'opinion de Strabon, qui rapporte que, lorsque deux mers sont voisines, le niveau de l'une est de beaucoup plus élevé que celui de l'autre? — Oui; des observations barométriques, des opérations faites sur le terrain, le calcul, tout prouve que la différence de hauteur qui existe entre les surfaces libres des deux Océans ne dépasse jamais 6 mètres.

De quel côté se trouve le niveau supérieur?

On sait qu'il existe, dans les parties de l'Océan comprises entre les tropiques, un mouvement général des eaux, un courant de rotation de l'est à l'ouest. Ce courant porte le flot vers les côtes du Honduras et de Veragua. On dirait que la mer des Antilles cherche à s'élancer dans la mer du Sud. « Si l'isthme de Panama était rompu par quelque grande catastrophe semblable à celle qui a ouvert les colonnes d'Hercule[1], le courant de rotation, au lieu de remonter vers le golfe du Mexique et de déboucher par le canal de Bahama, suivrait un même parallèle, depuis la côte de Paria jusqu'aux îles Philippines. L'effet de cette ouverture, ou de ce

[1] Diodore de Sicile, lib. IV.

nouveau détroit, s'étendrait bien au delà du banc de Terre-Neuve; il ferait disparaître totalement ou diminuer de célérité cette rivière d'eau chaude que l'on désigne sous le nom de *Gulf Stream*, et qui, dirigée d'abord au N.-N.-E., depuis la Floride jusqu'au banc de Terre-Neuve, porte, sous les 43° de latitude, à l'est, vers les côtes d'Irlande, et, au S.-E., vers les côtes d'Afrique. Une passe de plusieurs lieues de largeur, formée par des tremblements de terre et des déchirements volcaniques, dans l'isthme de Panama, produirait des changements physiques analogues à ceux dont la mémoire a été conservée dans les traditions de Samothrace. Mais ose-t-on comparer les chétifs travaux des hommes à des canaux creusés par la nature même, à des détroits comme l'Hellespont et les Dardanelles[1] ! »

Il semble, d'après ce tableau, que la mer des Antilles soit plus élevée que la mer Pacifique. C'est cependant le contraire qui a lieu. Avant de refluer vers les Philippines, les eaux de la mer du Sud se précipiteraient dans la mer des Antilles, en formant une chute de 6 mètres[2].

Édifié par les observations faites sur les niveaux comparés des deux mers, le Dr Cullen organisa, en 1852, la société Fox et Cie, pour la mise à exécution et l'exploitation d'un détroit artificiel. La république consentait à faire l'abandon de 80,000 hectares de terrain. Sur le papier, le détroit de Darien consistait en une longue tranchée ayant 9 mètres de profondeur aux extrémités, une cinquantaine de mètres au point culminant, et 42 mètres de largeur au plafond.

En passant à l'exécution, on se trouva en face de difficultés imprévues. Les nivellements, si exacts sur les côtes, avaient été imparfaits dans le cœur du pays. Quand on mesura la hauteur du faîte qu'il fallait franchir, la déception fut grande : au lieu de 45 mètres, estimation primitive, le calcul et des mesures directes donnèrent pour résultat 280 mètres[3] !

[1] *Essai sur la Nouvelle-Espagne.*

[2] Quelques ingénieurs assurent que cette dénivellation, exacte à Panama, existe, dans un ordre inverse, à la hauteur du lac de Nicaragua. A première vue, on est choqué par cette sorte de contradiction qui semble bouleverser la loi générale de l'équilibre des mers. Cependant les sinuosités de la courbe de niveau s'expliquent aisément, si elles existent, par des causes toutes locales, analogues à celles qui, sur un même littoral, modifient l'heure de la pleine mer.

[3] *Annales des voyages*, 1857.

Est-ce là le dernier mot à dire sur ce point? N'y a-t-il pas quelque part un passage dont les indigènes ont le secret? Peut-être ; car, malgré l'énormité du chiffre que nous venons de citer, le *Diario official* de Bogota annonce qu'un traité a été passé entre le pouvoir exécutif et M. Lucien Pierre de Puydt, agent d'une compagnie française, pour l'établissement d'un canal à travers l'isthme.

Ce qu'il y a de certain, c'est qu'un habitant de la Nouvelle-Grenade, homme éclairé et fort au courant de la question, M. de Gogorza, nous affirmait récemment que, sur tel point qu'il pourrait indiquer, il y a une rupture dans la chaîne de montagnes. « J'ai connu des Indiens, nous disait-il, qui, par certains défilés marécageux, transportaient leurs canots d'une mer à l'autre. »

De son côté, M. Bionne, lieutenant de vaisseau, propose un tracé dans ces parages. « Notre canal aboutirait au golfe San Miguel et, dans l'Atlantique, à la baie de Candelaria, située au milieu de la côte ouest du golfe de Darien. Il est connu que le golfe San Miguel renferme un port magnifique, signalé depuis longtemps par Humboldt. Quant à la baie de Candelaria, elle présente un mouillage excellent, d'un accès facile et d'une profondeur d'au moins 15 mètres environ partout. En outre, à la pointe sud de la baie, l'Atrato communique à la mer par la bouche du Faisan-Chico (petit), celle qui offre le plus d'avantages pour la navigation, et les navires peuvent mouiller fort près de cette entrée de la rivière, sans crainte aucune d'être exposés au mauvais état de la mer. A partir de la baie de Candelaria, le tracé approximatif serait alors le suivant : l'Atrato; son affluent le Rio d'Arquia remonté le plus haut possible ; là, une tranchée à travers la Cordillère qui, d'après les explorations de Codazzi, semble offrir un abaissement considérable ; cette tranchée irait au Rio Paya, qu'il faudrait descendre jusqu'à sa jonction avec la Tuira, grande et profonde rivière, suivie également dans tout son parcours vers le golfe de San Miguel[1]. »

Humboldt avait conseillé une autre route ; il avait signalé à l'attention des voyageurs certain défilé qui va du Grand Océan à l'océan Atlantique. « Au sud-est de Panama, en suivant

[1] *La Question du percement de l'isthme de Panama devant un congrès international*, par M. Bionne, lieutenant de vaisseau. Paris. 1864.

les côtes de l'océan Pacifique, depuis le cap de San Miguel jusqu'au cap Corrientes, on rencontre le petit port et la baie de Cupica. Le nom de cette baie est devenu célèbre, dans le royaume de la Nouvelle-Grenade, à cause d'un nouveau projet de communication entre les deux mers. Depuis Cupica, on traverse, sur 5 ou 6 lieues marines, un terrain tout uni et très-propre à creuser un canal qui aboutirait à l'embarcadère du Rio Naipi ou Naipipi. Cette dernière rivière est navigable et débouche au-dessous du village de Zitara, dans le grand Rio Atrato, qui se jette dans la mer des Antilles. Un pilote biscayen très-intelligent, M. Goguenèche, a le mérite d'avoir le premier fixé l'attention du gouvernement sur cette baie de Cupica ; il a voulu prouver qu'elle peut être, pour le nouveau continent, ce que Suez a été jadis pour l'Asie... Le terrain, entre Cupica et la bouche de l'Atrato, paraît être la seule partie de toute l'Amérique dans laquelle la chaîne des Andes se trouve entièrement interrompue. »

Ce qui portait à admettre, dans ces régions, l'existence d'une sorte de détroit terrestre, c'est que, depuis 1788, il y a, dans l'intérieur de la province du Choco, un petit canal dû à l'initiative d'un pauvre moine, curé de Novita, et navigable à l'époque des grandes pluies. Ce petit canal, disent les habitants du pays, a souvent permis à des canots chargés de cacao d'aller de l'océan Pacifique à l'océan Atlantique par le ravin de la Raspadura.

Le défilé compris entre la baie de Cupica et la rive gauche de l'Atrato a été minutieusement exploré dans ces derniers temps. Il semble, en effet, quand on se borne à parcourir les premières amorces de cette gorge, qu'il y ait ici absence totale de toute Cordillère ; malheureusement, vers le milieu du trajet, de grands mouvements de terrain barrent le passage. — Les deux projets du Darien ont été condamnés par M. Michel Chevalier, il y a plus de vingt ans.

Cependant M. Kelley, de New-York, ne renonce pas à pratiquer, à travers l'isthme, un canal sans écluses. Une tranchée de 12 kilomètres, creusée dans le vallon du Rio Mary, va de la mer au pied de la montagne. De l'autre côté des Andes, à 154 mètres au-dessous du sommet, la tranchée recommence sur une longueur de 5 lieues, dans le vallon de la Nerqua ; elle côtoie ensuite le Truando sur un parcours de 63 kilomètres et s'ouvre dans l'Atrato, dont on rend la navigation possible sur une longueur de 25 à 30 lieues.

Quant aux deux tronçons du canal, ils sont reliés, sous les Andes, par un tunnel de 6 kilomètres. — Ce tracé élégant, ingénieux, hardi, n'a qu'un défaut, mais capital : il coûterait beaucoup trop cher.

Un autre tracé, auquel il faut également renoncer à cause des dépenses qu'il entraînerait, est celui qui traverse le Honduras. Dans la direction la moins défavorable, c'est-à-dire de Puerto Caballos à la baie de Fonseca, le canal aurait 70 lieues de longueur. Là n'est pas la principale difficulté. Pour joindre les deux vallées opposées du Goascoran et de l'Humaya, il faudrait s'élever à plus de 700 mètres. Telle est, en effet, l'altitude minima des cols les plus bas qui coupent les hauteurs de Comayagua : le Goajaca est à 705 mètres; le Rancho Chiquito, à 730 !

Il n'y a pas, du reste, à regretter les études préparatoires auxquelles cet impraticable projet a donné lieu ; elles ont eu leur utilité. Si l'on a renoncé à percer l'isthme du Honduras, une compagnie américaine y a obtenu, en 1854, la concession d'un chemin de fer.

Somme toute, des six projets de canalisation que nous avons énumérés, — un doit être réservé, car il est encore enveloppé d'obscurité, celui du Darien ;— deux semblent devoir être écartés : ceux de l'Atrato et du Honduras ; — trois méritent, dès à présent, d'être étudiés en détail : celui de Tehuantepec, celui de Nicaragua et le percement de l'isthme de Panama.

Examinons successivement ces différents tracés.

IV

DEUX DES TROIS GRANDS PROJETS DE PERCEMENT.

Tracé du général Orbegoso dans l'isthme de Tehuantepec. — Variante de l'ingénieur Moro. — La vallée lacustre de Nicaragua. — Galisteo, Baily, Œrstedt et M. Belly. — Tracé Napoléon. — Le Rio San Juan.

Des trois projets auxquels la question se trouve réduite, le plus septentrional est celui qui perce de part en part, du nord au sud, l'isthme de Tehuantepec. La largeur de l'isthme est d'environ 220 kilomètres, si l'on va de la mer à la mer ; de 200 seulement, si l'on profite des lagunes de l'océan Pacifique.

Ici deux plans sont en présence.

Le premier appartient au général Orbegoso. En 1825, cet officier reçut de son gouvernement la mission d'explorer l'isthme et d'en relever les points principaux. Au nord, le tracé Orbegoso suivait la vallée du Guazacoalco; au sud, celle du Chimalapa. Des dragages convenablement combinés donnaient à ces deux fleuves, sur la plus grande étendue possible, un mouillage suffisant. Le bief de partage, placé au col de la Chivela, à 250 mètres d'altitude, était alimenté par une dérivation du Guazacoalco. Mais, disait le général en terminant son rapport, c'est un travail de Titans !

Cette conclusion n'était pas encourageante. Cependant Don José Garay ne se laissa pas effrayer ; il sollicita, en 1842, l'honneur d'attacher son nom à cette grande création et il obtint la concession d'un canal maritime à travers l'isthme de Tehuantepec. — Au lieu de passer, comme Orbegoso, au col de la Chivela, il gagnait, par un détour, le plateau de Tarifa, où il établissait le bief de partage des eaux. Un système d'écluses descendait, vers la mer Pacifique, les vaisseaux qu'un autre système avait élevés au-dessus de la mer des Antilles. Le cours du Guazacoalco était mis à profit sur une longueur de 35 lieues, et la tranchée qui reliait le fleuve à la mer du Sud avait 80 kilomètres [1].

Ce tracé, dont l'ingénieur Moro avait préparé l'avant-projet, était très-heureusement conçu et consciencieusement étudié. Il n'y fut cependant pas donné suite. On se borna à améliorer, le plus loin qu'on put, la navigation du Guazacoalco et du Chimalapa, et à signaler la possibilité de rattacher les stations extrêmes établies sur ces deux rivières, soit par un chemin de fer, soit au moyen d'un passage desservi par des chameaux [2].

[1] Ce qui donne à cette route une grande valeur, c'est la salubrité des régions qu'elle traverse, salubrité sans égale, dit-on, sur tout le continent américain. La population se compose des plus industrieuses et des plus belles tribus indiennes. Ajoutez à cela un sol merveilleusement fertile, de vastes forêts et, dans les flancs des montagnes, des mines d'or et d'argent. — Renseignements adressés au *Times*.

[2] Une correspondance de Key-West (Floride), publiée en partie par le *Courrier des États-Unis*, donnait tout récemment d'intéressants détails sur l'acclimatation des chameaux en Amérique.

« Ayant appris, dit le correspondant du *Courrier*, qu'il se forme une compagnie à New-York, Washington et Baltimore pour l'établissement d'une ligne transcontinentale de communication au moyen de chameaux, je vous

Plus au sud, dans l'État de Nicaragua, plusieurs solutions ont été proposées. Les plus remarquables se rattachent à deux types principaux : le système de Galisteo et celui du prince Louis Napoléon.

Le projet de Galisteo, qui, d'une manière générale, consiste rattacher directement le lac de Nicaragua à l'océan Pacifique, date de la fin du dix-huitième siècle, c'est en quelque sorte une réminiscence et comme la mise en pratique des idées exprimées, dès 1534, par les notables de la province de Nicaragua. — Nous supplions Votre Majesté, écrivaient-ils au roi d'Espagne, qu'elle veuille bien considérer que, de ce grand lac qui couvre un espace de 130 lieues, s'échappe un courant vers la mer, un fleuve aussi grand que celui de Séville, et dont les rives, riches en mines d'or, sont habitées par différentes peuplades. Ce courant pourrait être mis à profit et devenir précieux pour le commerce de la mer du Sud.

Longtemps ensevelis dans les archives de la capitainerie générale de Guatemala, les croquis de Galisteo furent retrouvés, après la guerre de l'indépendance, par Baily, officier de la marine

envoie quelques renseignements que je crois intéressants sur ces *navires du désert.*

« Le camp Verde, au Texas, était le dépôt des chameaux appartenant au gouvernement avant la guerre. J'étais membre à cette époque du 1er régiment d'infanterie régulier des États-Unis. A ce poste, nous avions soixante-cinq chameaux, petits et grands, et nous les multiplions, la femelle ayant généralement deux petits à la fois. J'ai été plusieurs fois en expédition avec les chameaux, et j'ai reconnu que ces animaux vivent et prospèrent là où les hommes, les mules et les chevaux meurent. Le chameau, convenablement harnaché, peut porter environ huit cents livres et voyager huit jours sans eau ; mais, s'il est privé d'eau plus longtemps, il commence à s'affoler et à se prendre de rage. Il sent l'eau à une grande distance et en trouve où l'homme n'aurait pas songé à en chercher...

« Pour gravir une montagne à pic, il se sert de ses genoux. Pour descendre, il s'accroupit et se laisse rouler sans se faire aucun mal. Il a le pied très-tendre ; aussi fait-il grande attention où il marche. J'ai voyagé pendant plus de deux ans avec des chameaux, je sais ce qu'ils peuvent faire, et ce que je puis dire, c'est qu'aucun animal ne les vaut pour des expéditions dans des régions arides. Il est facile de les réunir en troupeaux, et ils réussissent à merveille avec très-peu de soins.

« J'ai vu avec grand'peine des animaux si fidèles et si précieux nous échapper. Je présume qu'ils sont encore quelque part dans le Texas. Ils ont coûté très-cher et pouvaient rendre de grands services. J'espère qu'à la fin de la guerre on aura la chance de les retrouver. »

anglaise. Du lac de Nicaragua au golfe de Papagayo, le canal devait avoir 27 kilomètres et demi. — La hauteur du faîte qui sépare les deux bassins est de 83 mètres au-dessus de la mer du Sud et de 43 mètres au-dessus du lac, dont le niveau se trouve ainsi fixé à 40 mètres; une tranchée de 50 mètres de profondeur à la crête aurait amené les eaux du lac dans le voisinage du golfe où un système d'écluses les eût déversées.

Baily ne se borna pas à faire connaître ces plans ; il y apporta des modifications. Dans son projet, le canal va du lac de Nicaragua à la rivière de San Juan du Sud. Le trajet, il est vrai, est un peu plus direct ; mais, pour abréger d'un kilomètre la longueur de la tranchée, on se condamne à passer sous un faîte de 183 mètres et l'on se prive d'abri à l'une des extrémités : San Juan du Sud n'est pas un port.

Dans un autre tracé, celui d'Œrstedt, le lac de Nicaragua communique avec la baie de Salinas, rade profonde, sans plages basses, et dans laquelle on mesure de 8 à 14 mètres d'eau. L'ingénieur danois utilise, pour cela, la rivière de Sapoa qui se jette dans le lac. Il remonte d'abord le cours de cette rivière jusqu'au point où elle cesse d'être navigable. Ici, la charpente de l'isthme se déforme : la ligne des faîtes, dont la hauteur se maintenait jusque-là à 160 mètres en moyenne, s'abaisse brusquement; des dépressions et des gorges se succèdent sur un espace de 4 kilomètres environ. L'un des cols les moins élevés, le col de Salinas, est à 40 mètres au-dessus du lac. C'est là qu'Œrstedt proposait de placer le réservoir du passage, réservoir alimenté par les affluents supérieurs de la Sapoa.

Ce projet trop longtemps mis en oubli a été repris par M. Félix Belly. Comme Œrstedt, comme Baily, comme Galisteo, M. Belly laisse au nord-ouest le lac Managua et le Tipitapa; il ne parcourt même, sur le lac de Nicaragua, que 70 kilomètres. En même temps, il effectue d'importantes corrections. Ainsi, au lieu d'établir le bief de partage à 40 mètres au-dessus du lac, il prend le lac lui-même pour réservoir. Quel magnifique bassin de partage, en effet ! Le lac de Nicaragua n'a pas moins de 600,000 hectares de surface, et quarante rivières l'alimentent. Les plages y sont basses, dira-t-on ; à l'exception de quelques points du littoral offrant des mouillages privilégiés, les accores du rivage sont plates et accessibles seulement aux petites embarcations.

Le remède est facile, répond M. Thomé de Gamond, dans son avant-projet; on creusera un chenal pour l'abaissement du plafond du lac. « Le creusement de ce chenal sera d'autant plus facile que le plafond du lac, dans sa région méridionale, est un sol d'alluvion récente, dont la formation se poursuit dans la période actuelle, alimentée par le dépôt des limons descendus des forêts bordant les affluents. »

M. Belly joint le lac de Nicaragua à la baie de Salinas, à travers le col du même nom, par un canal de 22 kilomètres de longueur. La tranchée, pratiquée en grande partie dans des roches argileuses et calcaires, aurait 61 mètres de profondeur à la crête, y compris les 8 mètres d'eau du canal; six écluses à sas descendraient à la mer Pacifique. Quant au fleuve San Juan, qui compléterait la traversée, des dragages, des extractions de roches et sept barrages éclusés seraient destinés à lui donner un mouillage suffisant [1].

« Peut-être la communication du lac de Nicaragua avec l'océan Pacifique pourrait-elle se faire par le lac de Léon, au moyen de la rivière de Tosta, qui, sur la route de Léon à Realexo, descend du volcan de Telica. En effet, le terrain y paraît très-peu élevé, et le récit du voyageur de Dampier peut faire supposer qu'il n'existe pas une véritable chaîne de montagnes entre le lac de Nicaragua et la mer du Sud. La côte de Nicoya, dit ce grand navigateur, est basse et inondée au moment de la pleine mer. Pour arriver de Realexo à Léon, on fait 20 milles à travers un pays plat et couvert de mangliers. La ville de Léon elle-même est située dans une savane. Il existe une petite rivière qui, débouchant près de Realexo, pourrait faciliter la communication entre ce dernier port et celui de Léon [2]. »

Ces indications générales contiennent peut-être le germe du projet imprimé à Londres, en 1846, par le prince Louis Napoléon, et publié, en 1849, dans la *Revue Britannique*. C'est, en effet, au col de Realexo, à une cinquantaine de lieues au N.-O. du port de Salinas, que le prince plaçait son bief de partage. Le terrain,

[1] En 1828, Guillaume Ier, roi de Hollande, avait songé à joindre les deux mers par le Nicaragua et le San Juan. Ce projet était une de ses études favorites. Il dessinait lui-même les plans; il n'hésitait pas à engager, dans cette noble entreprise, une grande partie de sa fortune personnelle.

[2] *Essai politique sur la Nouvelle-Espagne.*

sans y être très-accidenté, est moins plat cependant que ne le prétendait de Dampier. Le col est encore à 65 mètres au-dessus de l'océan Pacifique. Vingt-trois écluses auraient monté de la mer au col; six auraient descendu du réservoir au lac Managua. Le canal aurait eu 45 kilomètres de longueur.

Le tracé Napoléon traversait ensuite le lac de Léon, suivait le Tipitapa, que trois écluses avec barrages rendaient navigable, parcourait d'un bout à l'autre le lac de de Nicaragua, et s'engageait dans le fleuve San Juan.

Le San Juan, dont la largeur est très-variable, a un cours irrégulier, inégal, accidenté : ici c'est un bassin profond, là on mesnre à peine 2 mètres d'eau ; plus loin, le fleuve, pendant l'étiage, se perd au milieu des roches. Dix barrages éclusés, trois de plus que dans le projet Belly, avaient pour objet de donner en tout temps une quantité d'eau suffisante.

C'ést encore trop peu, disent certains explorateurs. Quelques ingénieurs vont plus loin : ils doutent qu'il soit possible, même avec de grands travaux d'appropriation, de rendre la navigation praticable sur le San Juan.

Il se pourrait, dit, par exemple, M. Michel Chevalier, qu'on fût obligé de renoncer à une navigation en lit de rivière, sur une bonne partie du cours San Juan, et qu'on dût creuser un canal latéral. Le terrain s'y prêterait bien. Toutefois, à cause des dimentions de la cuvette d'un pareil canal, la dépense en serait grande.

M. Mellet, dont nous exposerons tout à l'heure les idées sur la canalisation de l'isthme, prétend, de son côté qu'il y a peu d'espoir d'obtenir un fond suffisant dans une rivière secondaire que ne favorisent pas les marées. Il assure même qu'en admettant qu'on pût obtenir assez d'eau par des travaux de dragages combinés avec des barrages, il serait difficile de conserver la profondeur nécessaire. « Les sables, la vase entraînés par le fleuve et par les nombreux affluents ne tarderaient pas, dit-il [1], à se déposer dans les excavations artificielles produites par la drague, et l'ancien régime du fleuve tendrait sans cesse à se rétablir. De plus, le ralentissement de vitesse produit par les

[1] *Étude des isthmes de Suez et de Panama*, par M. Mellet, ingénieur civil. Paris, 1859.

barrages contribuerait à accélérer ces dépôts d'alluvion incessants, et peut-être perdrait-on bientôt, non-seulement la profondeur acquise à grands frais, mais aussi une partie de celle que présente le fleuve dans son état actuel. Il serait donc plus sûr d'adopter de prime-abord le système d'un canal latéral, malgré l'accroissement de dépense. Ce serait même, en définitive, probablement moins dispendieux, eu égard aux incertitudes et aux difficultés des travaux en rivières. »

Le remède qu'indique M. Mellet nous paraît un peu radical. L'établissement d'un canal latéral coûterait, d'après l'estimation de M. Stephens, de 10 à 12 millions de dollars, de 53 à 64 millions de francs.

D'ailleurs, il ne faut pas s'exagérer les difficultés des travaux d'appropriation du San Juan. Il ne nous semble pas qu'il y ait, dans tout son cours, d'obstacle capable de défier les ressources de l'art. Voici, au surplus, de quelle manière le prince Louis Napoléon, dont les travaux resteront comme un monument dans l'histoire du percement de l'isthme, entendait résoudre la question :

« La rivière San Juan, disait-il, peut se diviser en quatre parties. La première commence au lac et s'étend à la distance de 27 milles, jusqu'au premier rapide ; — la seconde comprend tout l'espace occupé par les rapides, c'est-à-dire 15 milles ; — la troisième s'étend des rapides à l'embranchement du Colorado (43 milles) ; — la quatrième, de l'embranchement du Colorado jusqu'à la mer (19 milles).

« La première partie, celle qui va du lac à la rivière Savalos, où commence le *rapide del Toro*, présente une navigation facile; le courant est très modéré, et la rivière, à la sortie du lac, a de six à sept pieds de profondeur en temps de sécheresse ; mais, à mesure qu'on avance, cette profondeur augmente de neuf à vingt pieds. La rivière n'a pas plus d'un quart de mille de largeur. — Ces 27 premiers milles exigent très-peu de travaux, car, dans toute cette distance, un tiers seulement, c'est-à-dire 9 milles, a besoin d'être dragué au moyen d'une machine à vapeur.

« Dans la seconde partie, qui comprend les rapides, les travaux suivants seraient nécessaires :

« Les rives du rapide del Toro s'élevant graduellement, une écluse, placée à son extrémité inférieure, donnerait une hau-

teur d'eau suffisante, car il existe un chenal de neuf à dix pieds de profondeur. La longueur du rapide est d'un mille, et la vitesse de la rivière y est seulement de 4 milles à l'heure. — On trouve ensuite, sur un espace de 4 milles, une eau tranquille dont la profondeur est de douze à vingt-quatre pieds. Les rives sont basses, sauf une petite portion de la rive gauche, qui s'élève à huit pieds au-dessus du niveau de l'eau. Leur élevation n'augmente pas jusqu'aux *rapides de Mico et de las Balas*. A *Castillo Viejo*, on rencontre d'autres rapides qui ont un kilomètre de longueur sur douze à vingt-quatre pieds de profondeur. Il faudrait ici quelque dragage.

« Après deux milles un quart de courant navigable, avec treize pieds d'eau, on arrive aux *rapides de Mico et de las Balas* qui ont ensemble un mille et un huitième de longueur. Ces deux rapides se touchent presque et sont considérés comme n'en faisant qu'un. La profondeur du chenal est de six à dix pieds ; les bords s'élèvent de six à huit jusqu'à vingt pieds au-dessus du niveau de l'eau. En ce point une écluse serait nécessaire. — Entre ce rapide et celui de *Machuca* s'étend, sur une distance de trois milles, une nappe d'eau tranquille et d'une profondeur considérable où il n'y aurait presque rien à faire.

« Le dernier rapide est celui de *Machuca* ; il a plus d'un mille de longueur, et il est considéré comme le plus dangereux de tous quoiqu'il ait moins de pente que les deux derniers. La vitesse du courant n'y excède nulle part cinq milles à l'heure dans les basses eaux. Il présente, pendant l'étiage, l'apparence d'un long basfond sur lequel sont éparses un grand nombre de roches à peine couvertes par l'eau. Sur ce point aussi, les rives ont assez d'élévation pour permettre d'établir une écluse.

« La troisième partie du San Juan, dans laquelle se déchargent deux grands cours d'eau, le San Carlos et le Sarapiqui, est profondément encaissée, en sorte que quatre ou cinq écluses et moins de dix milles de dragages suffiraient pour la rendre navigable.

« Quant à la quatrième partie, qui s'étend du Colorado à la mer, elle présente neuf milles de bonne navigation ; mais le reste, étant rempli de bas-fonds, aurait besoin d'être creusé, et il faudrait augmenter le volume d'eau, en empêchant l'écoulement par le Colorado. Dans le cas où l'on jugerait indispensable d'ouvrir un

canal latéral, la longueur de ce canal ne dépasserait pas dix milles (16 kilomètres)[1]. »

Les fantômes se dissipent dès qu'on les approche et qu'on ose les toucher du doigt.

Dans le plan Napoléon, les lacs deviennent des mers intérieures : les ports actuels se développent ; de nouveaux ports s'établissent ; les relations se multiplient. Le commerce, au lieu d'être fatalement circonscrit dans un cercle étroit, voit s'ouvrir devant lui les portes du monde ; des rivages des lacs, il s'étend aux côtes de la grande mer, et, de là, rayonne dans l'univers entier !

V

LE CANAL DE PANAMA.

Un souvenir inédit. — Expertise de MM. Falmark et Lloyd, — de MM. Garella et de Courtines. — Double solution de M. Mellet. — D'Aspinwall à Panama par terre et par eau.

Le vénérable M. Jomard, le dernier membre survivant de la commission d'Égypte, que nous avons perdu l'an dernier, racontait à notre savant ami, M. Ernest Morin, qu'un jour le général Bonaparte chevauchait avec lui dans le désert de Suez pour retrouver les traces de la communication projetée par les Pharaons entre les deux mers. Il couvait l'immensité des sables de son œil impatient. Soudain, il met son cheval au galop, puis sautant sur l'arène et frappant le sol du talon : « Voilà, voilà le détroit ! » s'écrie-t-il tout ivre d'enthousiasme. Et nous fûmes surpris, ajoutait M. Jomard, de constater que ce regard d'aigle avait percé toutes les obscurités du problème et, d'un trait de génie, illuminé la question qui semblait presque insondable à la commission. L'empereur a trouvé dans sa part d'héritage cette noble sollicitude pour les grandes entreprises interocéaniques.

Le projet Napoléon, que nous avons dû réduire pour le faire entrer dans le cadre de cette étude, n'a pas empêché les ingé-

[1] *Le canal de Nicaragua, ou projet de jonction des océans Atlantique et Pacifique au moyen d'un canal*, par le prince Napoléon-Louis Bonaparte. — Extrait de la *Revue Britannique* de l'année 1849. — Traduction publiée par M. Félix Belly.

nieurs de chercher une solution plus modeste. M. Mellet s'incline devant cette vaste conception et essaye d'établir la possibilité d'exécuter, sur un autre emplacement, un plan d'un caractère différent.

On se souvient qu'en 1827 et 1828, des nivellements avaient été ordonnés par Bolivar dans l'isthme de Panama. MM. Falmark et Lloyd, chargés de diriger les travaux, avaient estimé à 200 mètres la hauteur de l'un des passages. Cette altitude fut un épouvantail; malgré tout l'intérêt qu'offraient de nouvelles expéditions, treize années s'écoulèrent sans qu'on songeât à contrôler les résultats obtenus.

En 1843, deux Français, MM. Salomon et Jolly, reprirent la question en sous-œuvre. Ils parvinrent à intéresser à leur grande entreprise M. Guizot, alors ministre des affaires étrangères. MM. Garella et de Courtines reçurent la mission d'explorer l'isthme de Panama et de rédiger un rapport sur la possibilité et l'avenir d'un canal interocéanique. Deux ans plus tard, en 1845, M. Garella publiait mieux qu'un rapport, un nouveau modèle de percement. Il traversait l'isthme au moyen d'une tranchée lui permettant d'avoir, en tous points, 7 mètres d'eau et dont la largeur au plafond était de 45 mètres. Des écluses s'élevaient jusqu'au bief de partage. Pour franchir la ligne de faîte, l'auteur proposait soit de percer un tunnel, soit de creuser un canal à ciel ouvert. Le tunnel aurait eu 5 kilomètres et demi de longueur et 37 mètres de hauteur; — la tranchée, 99 mètres, au point culminant.

C'est là, c'est à l'isthme de Panama, que M. Mellet établirait ses ateliers de construction. On a de lui deux projets, presque trois; car le premier était double : il proposait d'établir un chemin de fer dans le système économique des États-Unis, et, ultérieurement, de percer un canal maritime dont l'installation préalable de la voie ferrée diminuerait les frais et abrégerait la construction.

Le chemin de fer devait suivre la vallée de Chagres, celle du Bernardino et celle du Caïmito. Il franchissait un col des Andes à la hauteur de 120 mètres, par une tranchée de 15 mètres de profondeur et avec deux rampes de 6 à 8 millimètres. — Quant au canal, il partait de la baie du Chagres, rejoignait cette rivière par une tranchée de 7 kilomètres, empruntait la navigation naturelle du fleuve jusqu'aux Dos Hermanos, en amont du confluent

de la Trinité, et s'élevait, par trente-cinq écluses, dans la vallée du Chagres et dans celle de l'un de ses affluents, jusqu'au bief de partage, à 30 mètres au-dessous de la crête des Andes, à 100 mètres au-dessus du niveau de la mer. — La descente, sur le versant opposé, s'effectuait par trente-cinq autres écluses et se terminait, après un parcours de 60 kilomètres, à la baie de Vaca de Monte, à quatre lieues et demie de Panama. — Une écluse régulatrice, établie à l'entrée de la mer Pacifique, empêchait que les marées ne donnassent une trop grande différence de niveau.

Le chemin de fer de Panama est aujourd'hui en pleine exploitation. Il part de l'île Manzanilla, au nord-est de la baie du Limon, appelée aussi baie de Naos ou Navy bay, passe à la ville neuve d'Aspinwall, franchit le bras de mer qui sépare l'île du continent, traverse le Rio Gatun et atteint la rive droite du Chagres. Il suit cette rive pendant sept lieues et enjambe la rivière à un mille de Gorgone. Après avoir longé la rive gauche du Chagres jusqu'au vallon du Rio Obispo, l'un de ses affluents, il entre dans ce vallon et court vers les Andes.

Le col qu'il franchit est à 75 mètres au-dessus du niveau de l'océan Atlantique. Pour accomplir cette escalade, il prend de loin son élan : la montée commence dans l'île même de Manzanilla, à Aspinwall, et se répartit sur un espace de 60 kilomètres. — La descente vers Panama, à travers les contre-forts de la montagne, est d'abord plus rapide, puis elle diminue peu à peu et devient à peine sensible. Après un parcours d'une vingtaine de kilomètres, on est à Panama.

Depuis l'établissement de ce chemin de fer, le plan de M. Mellet a gagné du terrain [1]. L'auteur profitant des enseignements qu'a fournis l'expérience, modifiant avec sagesse ses premières indications, propose aujourd'hui le tracé suivant :

Le canal maritime partirait de la pointe du Limon, gagnerait le plateau qui sépare la baie du Rio Gatun, passerait cette rivière, suivrait le chemin de fer le long du Chagres qu'il traverserait,

[1] Les feuilles américaines annonçaient dernièrement que des troubles d'une certaine gravité venaient d'éclater à Panama. Le percement du canal n'est pas une entreprise locale ; toutes les grandes puissances y sont intéressées. Ces troubles, d'ailleurs, sont déjà apaisés, et les agitations de ce genre, endémiques dans le pays, ne sauraient exercer aucune influence sur les travaux projetés dans l'isthme.

comme la voie ferrée, à une petite distance de Gorgone, remonterait le fleuve jusqu'au Rio Obispo et s'engagerait dans le vallon qu'arrose la rivière.

Ici, les deux tracés s'éloigneraient l'un de l'autre : tandis que le chemin de fer suit, sur les deux versants, les lignes de moindre pente, afin de réduire les rampes le plus possible, le canal irait droit au faîte qui met comme une muraille entre le bassin du Rio Obispo et celui du Rio Grande. Une trouée de 2 kilomètres et demi de longueur et de 46 mètres de profondeur au point culminant serait faite dans cette muraille et convertie en un vaste réservoir. Le bief de partage serait alimenté par une rigole dérivée du Chagres, à 50 mètres environ d'altitude, vers le point où cette rivière est traversée par le chemin de Panama à Porto Bello. « La rigole, dit M. Mellet, tracée le long du versant nord des Andes, aurait une longueur de 30 kilomètres et une pente de $0^{m},35$ par kilomètre. Établie sur une largeur de 5 mètres, à la ligne d'eau, et de 2 mètres au plafond, avec une profondeur de 1 mètre, soit une section de $3^{m},50$, elle pourrait fournir 2 mètres cubes d'eau par seconde ou 175,000 mètres cubes par jour, — quantité suffisante pour l'éclusage et les pertes d'eau d'un canal aussi court. »

Les bâtiments arriveraient de l'océan Atlantique au bief de partage par quatorze écluses. Quatorze écluses les descendraient vers la mer Pacifique. De ce côté, le canal s'ouvrirait dans le Rio Grande, dont l'embouchure se trouve à une demi-lieue de Panama et dont la navigation est facile à la marée haute. La longueur totale du parcours serait de 69 à 70 kilomètres.

« Le Rio Grande, dit M. Mellet dans son exposé, débouche dans une vaste baie, couverte par l'archipel des îles Perico, où les navires trouvent un excellent mouillage en tout état de marée. Aucun ouvrage ne serait donc indispensable pour faciliter aux bâtiments l'approche et l'entrée du canal. Mais, si le besoin s'en faisait sentir, on pourrait rendre cette rade plus sûre et plus abritée contre les vents du Sud, en fermant, en tout ou en partie, au moyen d'une jetée, la passe entre la terre ferme et l'île Lienao, la plus occidentale des îles Perico. — La même précaution serait prise, du côté de l'Atlantique, dans le port de Naos qui offre aussi un bon mouillage aux navires de toute grandeur et qui ne réclame qu'une jetée à son entrée, en face de l'île Manzanilla. »

On verrait avec d'autant plus de plaisir un canal latéral au chemin de fer de Panama que celui-ci maintient, dans des vues exclusives et dans un esprit de monopole, des tarifs qui diminuent le mouvement des voyageurs dans une proportion marquée, ne rendent la traversée de l'isthme avantageuse que pour les métaux précieux et forcent les marchandises encombrantes au détour, désormais contre nature, du cap Horn. Il serait regrettable que la compagnie pût confisquer, à son profit seigneurial, une route manifestement ouverte au commerce. Si elle parvenait à imposer ses exigences aux gouvernements chancelants qui ne peuvent même pas obtenir d'elle le payement des revenus qu'elle a consentis, il n'est pas douteux que les grandes puissances interviendraient pour frapper de nullité des conventions du genre de celles que le télégraphe nous lançait dernièrement comme des ballons d'essais [1].

Mais c'est nous arrêter trop longtemps à des considérations de cette nature ; revenons à la possibilité de mettre à exécution les trois projets de percement proposés au nord, au milieu et au sud de l'isthme américain, et demandons-nous auquel des trois il convient de donner la préférence. — Grave question, qu'une étude comparée de leurs produits, de leur prix de revient et de leurs chances d'avenir permettra peut-être de résoudre.

VI

REVENUS ET DEVIS.

Revenus de l'exploitation d'après le prince Louis-Napoléon, — d'après M. Belly. — Recettes probables. — Devis du canal maritime de Panama, — de Nicaragua, — de Tehuantepec. — Extrait d'une lettre mexicaine. — Conclusion.

En matière industrielle, un devis n'est concluant qu'à la condition qu'on mette en regard le tableau des revenus de l'exploitation. Les dépenses, grossies de ce que les sommes engagées rapporteraient pendant la durée des travaux, représentent le capital ; les recettes annuelles sont les intérêts. Rien de plus simple alors que de calculer le tant pour cent et d'apprécier, au point de vue financier, la valeur d'une entreprise.

[1] *Moniteur* du 4 juin 1865.

Ces principes tout à fait élémentaires, et qui n'ont d'autre prétention que de faire partie du domaine du sens commun, trouvent une application immédiate dans la comparaison des trois projets qui nous occupent. — Terminons donc cette étude par des chiffres.

Parcourons d'abord le chapitre des recettes ; voyons quels revenus donnera, selon toute probabilité, l'exploitation du canal océanique.

L'évaluation en a déjà été faite à plusieurs reprises. D'après le prince Louis-Napoléon, les recettes annuelles seraient de 15 millions de francs ; d'après M. Belly, de 55 à 60 millions. — Comment expliquer un si grand écart ? Examinons les choses d'un peu près.

Dans le système Napoléon, les produits du canal sont basés sur le mouvement des vaisseaux qui, de 1841 à 1844, doublaient le cap Horn et le cap de Bonne-Espérance. Ce mouvement est estimé à 1,400,000 tonneaux. En consultant la destination des navires, on pouvait conclure alors que 900,000 tonneaux avaient bénéfice à prendre la voie de Nicaragua. Ces 900,000 tonneaux, et ici nous suivons pas à pas les calculs de l'auteur, pouvaient être répartis de la manière suivante : pour les navires européens, 600,000 tonneaux : pour les navires des États-Unis, 300,000.

A quoi bon cette distinction? — A montrer comment, dans ce système, l'Europe et l'Amérique, quoique donnant lieu à des mouvements inégaux, produisaient cependant le même chiffre de recettes. Le tonneau des États-Unis était soumis à un péage de 25 francs, soit, pour 300,000 tonneaux, 7 millions 500 mille francs ; la tonne européenne ne payait que 12 fr. 50, soit encore, pour 600,000 tonnes, 7 millions 500 mille francs. La recette brute était donc de 15 millions. Déduction faite des frais d'entretien, d'exploitation, etc., etc., la recette nette pouvait être évaluée à 12 millions.

Un mot, en passant, sur ce tarif. Les États-Unis l'auraient-ils accepté ? Se seraient-ils soumis à un péage double de celui des autres nations? Il nous paraît difficile de l'admettre. Réduisons donc, comme cela est nécessaire, équitable, politique, le péage américain au tarif commun, la recette se trouve abaissée de 3 millions 750 mille francs.

Est-ce à dire que les revenus de l'exploitation soient inférieurs

à 12 millions nets? Loin de là ; cette somme est, au contraire, beaucoup trop faible, car le mouvement commercial de l'Europe et des États-Unis avec le Japon, avec la Chine, avec la Cochinchine, avec l'Australie, avec les îles, s'est développé au delà de toutes les prévisions. Le tonnage de transit s'est, dans ces dernières années, élevé de 900,000 tonneaux à 2,500,000, ce qui, au péage uniforme et réduit de 10 francs par tonne, donne un produit brut de 25 millions, ou, en défalquant 5 millions, somme certainement exagérée, pour frais d'entretien, d'exploitation, etc., 20 millions de produit net.

M. Belly nous paraît donc voir les choses d'un œil trop favorable, quand il formule ainsi sa conclusion : « Quelle que soit la timidité des prévisions à longue échéance, et en ne s'appuyant que sur des résultats acquis, puisés dans des documents officiels, la recette brute du canal de Nicaragua, résultant du péage des navires et d'un mouvement très-limité de voyageurs, ne peut être évaluée, au moment de son ouverture, dans quatre ans (ceci était écrit en 1858), à moins de 55 à 60 millions. »

Après avoir évalué les recettes, passons au chapitre des dépenses, et commençons par l'estimation des travaux du canal de Chagres à Panama.

Si l'on se reporte aux détails que nous avons donnés ci-dessus, on voit que le tracé aurait environ 70 kilomètres de longueur. Il comprendrait deux ponts jetés, l'un, sur le Rio Gatun, l'autre, sur le Chagres. A la tranchée du faîte, il nécessiterait l'extraction de 1,500,000 mètres cubes de rocher. Il abaisserait les eaux du bief de partage vers les deux mers au moyen de 28 écluses et alimenterait ce bief par une rigole de 30 kilomètres. Enfin, il se compléterait par des travaux accessoires, tels que des jetées, des phares, des dragages, etc., etc. — Sur ces bases, M. Mellet arrête le devis suivant :

DEVIS DU CANAL MARITIME DE PANAMA.

	fr.
Percement de la tranchée sur une longueur de 70 kilomètres ; travaux ordinaires de terrassement et de maçonnerie, y compris les deux aqueducs, à 300,000 fr. par kilomètre.	21,000,000
28 écluses à 500,000 fr. chacune	14,000,000
A reporter.	35,000,000

Report.	35,000,000
1,500,000 mètres cubes de roches à faire sauter, à 6 fr. le mètre cube	9,000,000
Alimentation du bief de partage : 30 kilomètres de rigole, à 30,000 fr. le kilomètre.	900,000
Jetées, phares, débouchés du canal, etc.	3,600,000
Travaux accessoires, remorqueurs, etc.	1,500,000
Premier total.	50,000,000
Dépenses imprévues : 0,1	5,000,000
Conduite des travaux et frais : 3 p. 100	1,500,000
Deuxième total.	56,500,000
Intérêts des capitaux pendant la durée des travaux, à 6 p. 100 par an, ou, terme moyen, 3 p. 100 pendant cinq ans, soit 15 p. 100.	8,500,000
Total définitif.	65,000,000

Dans l'État de Nicaragua, le total des devis dépend du tracé qu'on choisirait. M. Belly nous paraît renoncer trop facilement aux avantages de la création de grandes mers intérieures ; d'un autre côté, le prince Louis-Napoléon, en perçant l'isthme de Realexo, creuse un canal de 47 kilomètres et construit un bief de partage à une grande hauteur ; 25 kilomètres de plus qu'au col de Salinas, un réservoir de trop. Nous proposerions volontiers un compromis ; nous voudrions, comme le Prince, qu'on développât et qu'on étendît la navigation des lacs en canalisant le Tipitapa, et, avec MM. Belly et Œrstedt, qu'on prît pour bassin de partage le lac de Nicaragua, amené jusqu'au col de Salinas. Les dépenses, dans cette combinaison, pourraient être évaluées comme il suit :

DEVIS DU CANAL DE NICARAGUA

	fr.
Tranchée de Salinas : pour terrassements.	46,000,000
— — pour maçonnerie.	3,000,000
Six écluses de $6^m,50$, à 1 million chacune.	6,000,000
Premier total (estimation de M. Belly). .	55,000,000
Canalisation du San Juan.	24,000,000
— du Tipitapa.	10,000,000
Travaux des ports	3,000,000
Jetées, phares, etc.	2,000,000
Travaux accessoires, remorqueurs, etc..	1,500,000
Deuxième total.	95,500,000
A reporter.	95,500,000

Report.	95,500,000
Dépenses imprévues : 0,1.	9,550,000
Conduite des travaux et frais : 3 p. 100	2,865,000
Troisième total.	107,915,000
Intérêts des capitaux.	16,187,250
Total général.	124,102,250

Quant au percement de l'isthme de Tchuantepec, il se composait, dans l'avant-projet de l'ingénieur Moro, de travaux d'appropriation du cours du Guazacoalco, sur une longueur de 140 kilomètres, et d'un canal de 80 kilomètres ayant 20 pieds de profondeur et 122 pieds de largeur. Ce canal devait, au moyen de 150 écluses, remonter d'abord de 98 mètres jusqu'au bief de partage, puis redescendre de 183 mètres jusqu'à la mer Pacifique.

DEVIS DU CANAL DE TEHUANTEPEC.

	fr.
Travaux de la barre et du cours du Guazacoalco, sur 140 kilomètres	21,000,000
80 kilomètres de canal	24,000,000
Rigoles alimentaires et travaux extraordinaires du bief de partage.	10,000,000
150 écluses à 500,000 fr. chacune	75,000,000
Jetées, phares, travaux accessoires, etc.	5,000,000
Premier total.	135,000,000
Dépenses imprévues : 0,1.	13,500,000
Conduite des travaux et frais : 3 p. 100.	3,050,000
Deuxième total.	151,550,000
Intérêts des capitaux	22,732,500
Total général.	174,282,500

En résumé, à Panama, au Nicaragua et à l'isthme de Tehuantepec, nous obtenons, en nombres ronds et en forçant la dernière unité des millions, les trois résultats suivants :

	fr.
à Panama.	66,000,000
au Nicaragua	125,000,000
à Tehuantepec.	175,000,000

Or, nous avons évalué le produit du tonnage du transit à 20

millions de francs ; les trois grands projets de canalisation donneraient donc aujourd'hui

à Panama,	un bénéfice de	30 p. 100
au Nicaragua,	—	16 —
à Tehuantepec,	—	11,5[1] —

Ces nombres prouvent surabondamment que les trois tracés sont avantageux. Celui de Panama offre, dans l'état actuel des choses, des bénéfices exceptionnels.

Pour finir comme nous avons commencé, appuyons-nous une dernière fois sur l'autorité de Humboldt : « C'est, dit-il, mettre en oubli ce que l'expérience et l'économie politique enseignent depuis des siècles, que de restreindre l'utilité des canaux et des grandes routes aux droits que paye le transport des marchandises, et de ne compter pour rien l'influence qu'exerce cette fondation sur l'industrie et sur la prospérité nationale[2]. »

Rappelons donc, en terminant cette étude, le rôle que jouerait la canalisation de l'isthme de Nicaragua : elle donnerait l'essor à des pays dont les richesses naturelles sont considérables et jetterait, sur les grandes mers, une multitude de valeurs captives dans des forêts mystérieuses, dans des vallées ignorées ou sur des plateaux solitaires. Les lacs deviendraient les docks de toutes les nations.

Que dire des résultats qu'aurait le percement de l'isthme de Tehuantepec? Nos intérêts et notre honneur sont engagés au Mexique ; c'est peut-être, en définitive, de ce côté qu'il faut maintenant tourner nos regards. Qui connaît toutes les ressources de ce pays? Ses mines n'ont été qu'effleurées. La Cordillère est un immense filon de quartz métallifère ; il y a là des trésors enfouis; des montagnes de fer, de cuivre et d'argent ; des gisements de mercure, de plomb, d'étain, de soufre et de sel ; des houillères inépuisables ; des marbres beaux comme ceux de Carrare, etc.

[1] Pour éviter toute illusion, nous avons, à dessein, grossi le chiffre des dépenses et réduit les recettes probables à leur plus simple expression. Ainsi nous n'avons pas fait entrer en ligne de compte une source certaine de profits : la plus-value des terrains qui seront concédés aux compagnies. En 1846, le sol accordé à Nicaragua représentait une valeur actuelle de 2 millions et demi. Le canal achevé, le prince Louis-Napoléon estimait que les terrains en excès vaudraient 17,500,000 francs.

[2] *Relations historiques*, t. III.

Si du sous-sol nous passons à la surface, nous nous trouvons, en quelque sorte, au milieu des splendeurs de l'Eden. Écoutez la séduisante peinture que nous fait M. Louis Chauveau dans une de ses lettres mexicaines :

« Le Mexique peut rivaliser avec les Antilles pour la culture de la canne, avec le Brésil pour celle du café, avec les Moluques pour celle du piment et des épices, avec les Indes pour l'indigo, avec la Virginie et la Havane pour le tabac, avec la Chine pour l'huile de ricin. Il a le monopole de plusieurs autres plantes médicinales, le jalep, la salsepareille qui tapisse les bords du Rio Jamapan, d'un grand nombre de substances tinctoriales végétales. Cette liane si parfumée qu'on appelle la vanille y pousse à l'état sauvage à côté du cacao. La cire et la soie s'y récoltent en abondance. La cochenille, qui vient d'elle-même s'enivrer du suc de la fleur du nopal jusqu'à ce qu'elle en meure, n'exige aucun soin ; il suffit de la ramasser. Sur les côtes de la Basse Californie, sur celles du Yucatan, on pêche des coraux et des perles. L'ébénisterie demande aux forêts du Mexique ses plus riches matériaux, l'ébène, l'acajou, le citronnier, le cèdre, le bois de rose et de fer. On y coupe, outre le campêche, désespoir des consommateurs de vins de nos grandes villes, une grande variété d'autres bois de teinture jaune et violette. La marine peut s'y approvisionner de hêtres, de sapins et de chênes dont les dimensions sont en rapport avec la végétation exubérante de ces contrées. Du tronc d'une foule d'arbres sortent, en outre, ces résines et ces gommes que notre industrie a su, depuis quelques années, utiliser d'une façon si ingénieuse : le copal, le caoutchouc, le liquidambar, etc. »

Ajoutez à cela des forêts de bananiers qui rendent la famine impossible et fournissent tout à la fois le toit, le pain, un frais breuvage et un dessert exquis; des moissons florissantes de blé et de maïs; des plantations de vignes et d'oliviers dont une seule ferait, en Europe, la fortune d'une région ; à côté de la soie élégante qu'exporte la Vera-Cruz, d'immenses provisions de lin, de chanvre, de coton, et un bétail qui croît au hasard et se multiplie prodigieusement au milieu de ces terres luxuriantes auxquelles la Providence ne mesure rien et donne tout sans compter !

D'un sol aussi généreux, il est permis de beaucoup attendre. Ce serait avoir la vue courte que de juger de l'avenir par le présent. Le tableau des revenus que nous dressions il y a quelques

instants, avec un soin scrupuleux, fidèle aujourd'hui, cessera, Dieu merci, d'être exact demain.

Concluons.

Quel que soit le projet qu'on adopte, il offrira tout à la fois, au spéculateur, une occasion malheureusement trop rare de faire une bonne affaire, en s'associant à une œuvre humanitaire, en faisant une bonne action ; et, à l'homme politique, au philosophe, une force nouvelle mise au service de la civilisation. Il n'est pas, on peut le dire, une seule puissance en Europe qui ne fasse des vœux et, ce qui est plus efficace, qui ne soit disposée à payer, de sa personne et de son crédit, pour le percement de l'isthme américain. La Russie, l'Angleterre, la Hollande, la France, l'Espagne, le Portugal, se donnent la main dans cette grande pensée. Chacune de ces nations y voit son intérêt et sa gloire : la Russie est en relation plus facile avec ses établissements américains et asiatiques ; l'Angleterre va, en suivant une ligne mathématique, de Liverpool en Australie ; la Hollande, dans son besoin d'expansion, trouve, à 3,000 lieues de moins, des débouchés pour son commerce ; l'Espagne, le Portugal, la France enfin, se rapprochent de la Chine, du Japon, des Philippines, des Moluques, de la Nouvelle-Calédonie, etc., etc. — Pour la grande navigation, la science nautique se modifie : la loi providentielle des courants de l'atmosphère vient en aide aux marins ; les routes équatoriales se peuplent, et ce n'est plus en pure perte que le Créateur distribue, dans ces régions, la force gratuite des vents alizés. Washington résiste ; qu'importe ! En dépit de toutes les rivalités, la jonction des deux mers se fera : les hostilités déclarées, les manœuvres souterraines, les résistances passives seront vaincues, et bientôt, nous l'espérons, l'isthme livrera passage aux navires, ces traits d'union des peuples, qui, mesurant les mers, font, comme des foyers voyageurs, rayonner autour d'eux la vie, la lumière et la richesse !

E. Menu de Saint-Mesmin.

II

LES PUITS ARTÉSIENS DU SAHARA

Si nous supposons qu'une armée industrielle, semblable à celle qui achève aujourd'hui de percer l'isthme de Suez, entreprenne un jour de couper par un canal le cordon littoral peu élevé et large seulement de 16 kilomètres, qui longe la côte, au fond de la Petite Syrte, près de Gabès, en Tunisie, les eaux de la Méditerranée iront remplir une vaste dépression qui existe dans cette partie de l'Afrique ; elles s'étendront jusqu'aux montagnes de l'Aurès et de l'Atlas, qui limitent au sud le Tell algérien. On verrait là un golfe à peu près semblable à celui qu'indique la carte [1] signalée récemment dans une Société scientifique par M. Ch. Laurent, ingénieur distingué, dont nous aurons plus loin à citer les travaux. On peut observer qu'au point où se trouve maintenant le Condiat-el-Dohor, réunion de monticules à égale distance de Biskra et de Tugurt, cette carte fait correspondre une île Hespérie avec cette annotation : « Lorsque les eaux couvraient encore les pieds des monts Atlas. »

L'ancienne présence de la Méditerranée dans la région saharienne est d'ailleurs prouvée par les nombreuses coquilles de mollusques [2] identiques avec ceux de ses rivages actuels qu'on trouve dans les terrains qui la couvrent. Sur plusieurs collines apparaissent encore des lignes horizontales creusées par les vagues à différentes hauteurs. Le sol est aussi partout imprégné de sel marin, et une série de lacs salés ou *chotts* occupe le fond de ce vaste bassin. On peut expliquer la disparition du golfe Saharien, sans faire intervenir un de ces soulèvements qu'on observe dans certaines parties maritimes du globe, où la sonde constate, depuis plusieurs années, une diminution de profondeur. La pluie est extrêmement rare dans cette zone, qui correspond à celle des

[1] *Carte de la navigation des Argonautes du monde primitif suivant les périples de Timée, d'Hécaté, d'Apollonius et d'Onomacrite pour servir à l'histoire de la Grèce.*

[1] *Cardium edule, Buccinum, Planorbis cornu.*

alizés sur l'Océan. Il n'y a de neige sur les montagnes voisines que pendant une très-courte partie de l'année et les torrents qui en descendent ne pouvaient fournir qu'une quantité d'eau insuffisante pour remplacer l'évaporation produite à la surface par l'ardent soleil de ces latitudes. Les cours d'eau transportaient chaque hiver de grands amas de matières argileuses et de cailloux qu'on distingue aujourd'hui très-bien dans les couches d'alluvion superposées ; en outre des sables portés par les vents diminuaient progressivement l'embouchure jusqu'à déterminer l'isolement et le desséchement complet de la mer intérieure.

Le voyageur, qui gravit les sommets des monts Aurès, voit aujourd'hui au sud, à la place de cette belle mer bleue, un spectacle non moins imposant. Aussi loin que la vue peut s'étendre, se déroule devant lui une nappe jaunâtre qui, à l'horizon, se confond avec le ciel : c'est un autre océan, c'est le désert. Si, parti du littoral, il vient de traverser les montagnes du Tell où l'olivier et la vigne croissent sur les pentes couronnées de forêts de pins, de chênes et de cèdres, le contraste produit par cette surface sablonneuse le frappe vivement.

Il est nécessaire cependant de distinguer la première zone qu'on trouve ici, le Sahara, de l'espace beaucoup plus vaste, prolongé jusqu'au Soudan et qui est proprement appelé le Grand-Désert[1]. Dans la plaine, examinée avec plus d'attention, on voit apparaître çà et là des taches noirâtres de différentes grandeurs, qui l'ont fait comparer à une peau de panthère. Ces taches sont de verdoyantes oasis plantées de milliers de palmiers qui portent les meilleures dattes que l'on connaisse. Le dattier trouve en effet ici les conditions exigées pour faire arriver ses fruits à leur parfaite maturité. Selon le dicton arabe il faut qu'il ait constamment « les pieds dans l'eau et la tête dans le feu. » Grâce à la grande intensité des rayons du soleil sous cette latitude, le sucre se forme abondamment dans la pulpe, ce qui n'a pas encore lieu au milieu du Tell[2]. Mais comment sous ce ciel toujours sec les racines sont-elles abreuvées?

[1] M. Arthur Mangin, dont nous avons cité déjà plusieurs fois les publications, vient de faire paraître, sous le titre : *Le Désert et le Monde sauvage*, un de ces beaux livres qui sortent tous les ans des presses de MM. Mame, de Tours.

[2] Le mois le plus chaud au Caire, celui de juillet, donne 939°,3 de chaleur,

Le mode de formation du sol que nous avons indiqué peut fournir la réponse à cette question. Il se compose en effet, comme le delta d'un grand fleuve, de couches successives d'argile et de gravier auxquelles se sont joints de nombreux dépôts calcaires formés par l'ancienne mer qui couvrait la contrée. Aujourd'hui les rivières qui sortent des montagnes environnantes, après s'être perdues à l'entrée de la plaine dans les couches perméables, produisent des nappes d'eau souterraines à différentes profondeurs. Dans le Tell, où elles se forment, les pluies sont abondantes en hiver, les vents du nord apportant de la Méditerranée des vapeurs qui se condensent sur les sommets refroidis de ses chaînes de montagnes. En quelques points on trouve la nappe près de la surface, mais le plus souvent on est obligé de creuser des puits assez profonds. Heureusement l'eau jaillit alors à cause de son niveau plus élevé au lieu d'origine. La création des oasis dépend donc du nombre et de la nature des couches géologiques qu'il faut traverser pour arriver à la nappe susceptible d'être élevée jusqu'à la surface par la pression hydrostatique. Nous décrirons en premier lieu les procédés employés par les populations du Sahara pour se procurer les sources artésiennes et nous montrerons ensuite les remarquables résultats obtenus par nos ingénieurs et nos officiers de l'armée qui ont introduit dans ces travaux la science et les instruments modernes.

I

Premiers puits artésiens. — Procédés primitifs employés par les indigènes.

On sait que les fontaines jaillissantes creusées de mains d'hommes portent le nom de puits artésiens, parce que c'est dans la province de l'Artois qu'on a commencé à les construire en France. Le plus ancien puits de cette espèce date de 1126 et se trouve dans une chartreuse à Lilliers. Mais leur origine est beaucoup plus ancienne. D'après les écrits d'Olympiodore, qui vivait à Alexandrie au milieu du sixième siècle, on avait creusé dans

tandis que le même mois à Biskra donne 1,116°. De là, sans doute, la raison de l'infériorité des dattes de la basse et de la moyenne Égypte à celles du Sahara. (*Note sur la culture du dattier*, par M. Hardy.)

l'oasis de la Thébaïde, en Égypte, des puits de plusieurs centaines de mètres de profondeur et lançant des rivières d'eau.

Le voyageur anglais Shaw, qui se trouvait en Barbarie vers 1727, rapporte que les habitants du Sahara connaissaient depuis longtemps les puits artésiens. « Le Oued-Rir, dit-il, est un amas de villages situés fort en avant dans le Sahara. Ces villages se procurent l'eau d'une façon fort singulière. Ils creusent des puits à cent, quelquefois deux cents brasses de profondeur, et ne manquent jamais d'y trouver de l'eau en abondance. Ils enlèvent, pour cet effet, diverses couches de sable et de gravier, jusqu'à ce qu'ils trouvent une espèce de pierre qui ressemble à de l'ardoise et que l'on sait être précisément au-dessus de ce qu'ils appellent Bahar el-Tahani, ou mer au-dessous de la terre, nom qu'ils donnent à l'abîme en général. Cette pierre se perce aisément, après quoi l'eau sort si soudainement et en si grande abondance, que ceux qu'on fait descendre pour cette opération en sont quelquefois surpris et suffoqués quoiqu'on les retire aussi promptement qu'il est possible. »

Les relations les plus récentes montrent encore les habitants du Sahara, creusant les puits de leur oasis par le même procédé dangereux. Le travail est fait avec l'instrument le plus simple, une sorte de houe triangulaire à manche très-court et très-incliné sur le plan de l'outil. Deux montants en bois, fixés verticalement au-dessus de l'emplacement qu'on a choisi, sont reliés par des traverses portant une poulie sur laquelle s'enroule une corde qui sert à monter et à descendre les ouvriers, ainsi qu'à l'extraction des matières et à l'épuisement des eaux. Un seul homme peut travailler à la fois au fond du puits, qui n'a souvent que 60 centimètres de largeur, et c'est avec des moyens aussi élémentaires que la nappe d'eau jaillissante a été cherchée jusqu'à 80 mètres de profondeur.

Les puisatiers ou plongeurs forment sous le nom de *R'tass* une corporation très-considérée parmi les Arabes à cause de leur pénible métier. Comme il est impossible d'épuiser les eaux d'infiltration ils sont quelquefois obligés de faire leur travail sous une colonne d'eau de plus de quarante mètres. Quelques-uns périssent asphyxiés, d'autres deviennent promptement phthisiques. Certains d'entre eux restent, dit-on, cinq minutes sous l'eau et l'effet produit sur eux est alors tel qu'il leur devient impossible de faire plus de

quatre voyages dans la journée. De là une très-grande lenteur dans le creusement des puits, qui exigent quelquefois plusieurs années d'efforts continuels. Dans quelques oasis très-élevés au-dessus de l'eau souterraine une mesure de blé est payée par mesure de matériaux extraits.

Nous empruntons à M. Ch. Laurent la description suivante de la manière dont les R'tass accomplissent leurs descentes dans les puits. « C'est à Mégarin, dit-il, que nous avons eu pour la première fois l'occasion de voir ces plongeurs ; ils désensablaient un puits qui est la propriété du marabout Si-el-Mennoar. La profondeur totale était de 53 mètres ; les sables l'avaient obstrué jusqu'à 35 mètres, 10 mètres avaient déjà été extraits : c'est donc à 45 mètres qu'ils opéraient au moment où je les ai vus.

« Près de l'ouverture du puits se trouve un feu assez vif où ces plongeurs, la plupart phthisiques et abrutis par l'usage du kif (espèce de chanvre indien qu'ils fument), se chauffent fortement tout le corps avant d'entreprendre leur descente. Leurs cheveux sont rasés et leurs oreilles bouchées avec du coton imprégné de graisse de chèvre.

« Ainsi chauffé et préparé, le plongeur descend dans le puits et entre dans l'eau jusqu'au-dessus des épaules. Assujetti dans cette position au moyen des pieds, qu'il fixe aux boisages, il fait ses ablutions, quelques prières, puis tousse, crache, éternue, se mouche, amène sa bouche au niveau de l'eau, fait une série d'aspirations et d'expirations assez bruyantes, et enfin, tous ces préparatifs terminés (ils durent, au moins devant les étrangers, une dizaine de minutes), il saisit la corde et semble se laisser glisser. Arrivé au fond, à l'aide des mains, ou plutôt d'une main, il remplit le panier qui l'y a précédé. L'opération terminée, il ressaisit la corde des deux mains et remonte. Il est probable que souvent il est obligé de s'aider de cette corde ou du poids qui y est fixé pour se maintenir au fond, ayant à vaincre une force ascensionnelle qui tend à le ramener à la surface.

« Quelquefois il arrive que le plongeur est suffoqué, soit avant d'arriver au fond, soit pendant son travail, soit pendant qu'il accomplit son ascension pour revenir au jour. Un de ses compagnons qui tient attentivement la corde servant à la fois de direction et de signal, averti par quelques secousses du danger que court le patient, se précipite à son secours, tandis qu'un autre le

remplace à son poste d'observation, qu'il quitte aussi à un nouveau signal pour aller au secours de ses deux camarades, ainsi que je l'ai vu. Trois plongeurs se trouvaient donc ensemble, deux ayant réclamé du secours, dans ce puits de dimensions si restreintes, cette grappe humaine est revenue à la surface, le premier descendu en dessus et le dernier en dessous.

« Le premier mouvement de ceux qui ont été secourus est d'embrasser le sommet de la tête de leur sauveur en signe de reconnaissance. Il est à remarquer que ceux qui plongent au secours de leur confrère le font instantanément, sans se préoccuper des préparatifs si minutieux pratiqués par le premier descendu.

« Sur six plongeurs successifs réunis autour de ce puits, la durée de chaque immersion a varié entre deux minutes, la plus prompte, et deux minutes quarante secondes, la plus longue. M. Berbrugger dit avoir observé cinq minutes cinquante-cinq secondes. Plusieurs officiers supérieurs qui étaient présents avec moi à l'opération, m'ont affirmé avoir vu, l'année précédente, rester trois minutes. On remarquera que la profondeur du puits n'était à ce moment que de 45 mètres ; que l'eau était dormante; que, sur six plongeurs, deux ont réclamé le secours et que le résultat de leur travail fut deux couffins du sable pouvant contenir huit à dix litres. Que doit-il donc se passer lorsque le puits a 80 mètres et que l'eau a un écoulement, quelque léger qu'il soit ? »

On conçoit qu'il ne faille pas de grandes difficultés pour arrêter le travail de ces puisatiers. Une couche un peu dure est un obstacle insurmontable pour leurs faibles instruments. Aussi beaucoup de puits qu'ils avaient commencé à creuser sont restés inachevés. Arrêtés à 40 ou 50 mètres de profondeur, ils auraient trouvé probablement la nappe jaillissante à peu de distance.

Les puits ont d'ordinaire une forme carrée de $0^{m},60$ à $0^{m},90$ de côté. Cette dimension est rarement dépassée. Ils sont boisés avec des fragments de troncs de palmiers refendus longitudinalement, à peine équarris et assemblés en cadres grossiers. Pour empêcher les eaux ascendantes de passer en dehors aux endroits où l'ajustage des cadres entre eux est défectueux, on remplit les intervalles entre le boisage et le terrain d'argile mêlée de noyaux de dattes et d'autres matières ligneuses du palmier.

Malgré ces précautions la durée des puits est assez bornée. Les cadres pourrissent et finissent par céder à la pression des eaux. Au bout de peu d'années les marnes détrempées et les sables font irruption et réduisent le volume de la source. Souvent un quartier qui s'est imposé les plus grands sacrifices pour creuser un puits, qui a coupé les plus beaux palmiers de ses jardins pour le boiser, voit dépérir ses plantations nouvelles par le manque d'eau au moment où elles arrivent à être productives. Si des puits où le boisage est de bonne qualité, où le terrain traversé est très-ferme, parviennent (suivant l'expression locale) à *vivre* de quatre-vingts à cent ans, il y en a qui meurent au bout de douze à quinze ans sans qu'on puisse les nettoyer et réparer les désastres. A la place de la source, qui répandait dans l'oasis la fraîcheur et la fécondité, on ne trouve plus qu'un trou rempli d'eau corrompue ; la population disparaît avec les cultures qui prospéraient à l'ombre des palmiers, et les vents du désert couvrent bientôt ces ruines d'une épaisse couche de sable.

II

Les ingénieurs français au Sahara. — Travaux de M. Ch. Laurent. — La conquête pacifique.

Deux de nos ingénieurs des mines les plus distingués, MM. Fournel et Dubocq, visitèrent, vers 1848, la partie orientale du Sahara. A la suite de leurs recherches sur la constitution géologique du pays et sur les puits qui y donnent naissance aux oasis, ils émirent le même avis relativement aux avantages que l'on trouverait à substituer notre industrie perfectionnée du sondage artésien au procédé difficile et dangereux des Arabes. « Quelque remarquables que soient les résultats de cette méthode de creusement, dit M. Dubocq [1], elle ne saurait supporter de comparaison avec les modes de sondage suivis en Europe pour les forages artésiens. La nature peu résistante des terrains ne présenterait, en effet, aucune difficulté à l'action de la sonde, et permettrait d'atteindre rapidement et sans dangers la nappe aquifère. En faisant suivre les ou-

[1] *Annales des mines*, t. II.

tils de forage par une colonne de retenue et d'ascension, on franchirait facilement les sables qui obstruent constamment le bas du puits et diminuent la force ascensionnelle des eaux. Les assises de marnes aquifères et ébouleuses, les bancs de roches dures, devant lesquels le R'tass avoue son impuissance, seraient facilement traversés, et l'on pourrait, en nettoyant les forages lorsqu'ils seraient encombrés par les sables, maintenir leur débit à la hauteur des besoins qu'ils seraient appelés à satisfaire. Pour les puits actuellement existants, dont la section a de $0^{m},70$ à 1 mètre de côté, on descendrait jusqu'aux sables aquifères des cuvelages en bois ou en tôle, que l'on fixerait solidement aux parois du trou, et dont on déblayerait l'intérieur avec des soupapes appropriées. L'art du sondeur ouvrirait ainsi une ère nouvelle de richesse et de prospérité à tous les villages de l'Oued-Rir, et l'introduction de nos méthodes de forage dans ces pays reculés serait un immense bienfait pour les populations actives et industrieuses de cette portion du Sahara. »

Quelques années se passèrent avant qu'on commençât les opérations par lesquelles ces prévisions furent confirmées. Le général Desvaux, qui commandait alors la subdivision de Batna, en prit l'initiative. Dans un de ses rapports au gouverneur de l'Algérie, il fait connaître les circonstances dans lesquelles son projet fut conçu en 1854. C'était à Sidi-Rached, au nord de Tugurt. « Le hasard, dit-il, m'avait conduit au sommet d'un mamelon de sable qui domine l'oasis entière. Vous dire les impressions que me causa la vue de cette oasis est impossible : à ma droite, les palmiers verdoyants, les jardins cultivés, la vie en un mot ; à ma gauche, la stérilité, la désolation, la mort Je fis appeler le scheik et les habitants, et l'on m'apprit que ces différences tenaient à ce que les puits du nord étaient comblés par le sable et que les eaux parasites empêchaient de creuser de nouveaux puits. Encore quelques jours, et cette population devait se disperser, abandonner ses foyers et le cimetière où reposent ses pères ! Je compris à ce moment les féconds résultats que pourraient donner dans cette contrée les travaux artésiens, et, grâce à vous, qui avez bien voulu accueillir mes propositions, leur donner un appui, la vie sera rendue à plusieurs oasis de l'Oued-Rir, et l'avenir renferme les espérances les plus magnifiques. »

En 1855, M. Ch. Laurent, associé de la maison Degousée, fut

mandé par le général et fit, au point de vue spécial des sondages artésiens, une visite d'exploration dans le pays à la suite de nos colonnes. Cet ingénieur excita vivement la curiosité des puisatiers indigènes en faisant fonctionner devant eux une *soupape à boulets*, propre à servir au désensablement des puits, et en leur montrant qu'en une demi-heure elle pouvait ramener plus de terre et de déblais qu'ils n'en extrayaient avec tant de peine pendant un jour entier. Dans un des jardins du village de Nezla un puits de 55 mètres, ensablé jusqu'à 45 mètres, fut entièrement nettoyé en moins de deux jours. La source, suivant l'assurance du propriétaire, avait repris son écoulement primitif. Mais ce n'était là qu'un faible aperçu de la puissance de l'industrie européenne.

A l'aide des renseignements recueillis dans son voyage sur les besoins et les difficultés de chaque localité, M. Ch. Laurent fut en mesure de composer un équipage de sonde parfaitement approprié aux exigences du pays, et l'appareil arriva en avril 1856 à Philippeville, ainsi que M. Jus, ingénieur civil, qui fut appelé à diriger les opérations.

Il y eut de grands obstacles à vaincre pour transporter le pesant instrument jusqu'à l'oasis de Tamerna, non loin de Tugurt. Le premier coup de sonde fut donné au commencement de mai, et le 9 juin, lorsqu'on arriva à 60 mètres de profondeur, on vit jaillir une source d'une abondance telle qu'elle fournissait quatre mille litres par minute, six cents de plus que le puits de Grenelle, à Paris.

Pendant trente-neuf jours et trente-neuf nuits le travail n'avait pas été interrompu, et cependant le thermomètre marquait quelquefois 46 degrés à l'ombre. Les soldats, comprenant qu'ils travaillaient à une œuvre d'une utilité exceptionnelle, avaient fait des efforts surhumains.

« De fortes secousses, dit dans son rapport le lieutenant Rose, envoyé pour assister à l'inauguration de la source, annoncèrent que le résultat était garanti, que la nappe jaillissante avait été atteinte. L'eau débordait bientôt du tube extérieur, et le drapeau hissé sur le sommet de la chèvre, ainsi que les cris des assistants annoncèrent à la population l'heureux événement. En moins de deux minutes tout le monde était accouru ; on arracha les branches des palmiers qui entouraient l'équipage ; chacun voulait voir avec ses propres yeux cette eau que les Français avaient su faire

venir au bout de cinq semaines, tandis que les indigènes avaient eu besoin d'autant d'années et de cinq fois plus de monde. Enfin, on vit même les femmes de tout âge accourir, et celles qui ne pouvaient arriver à la source se faisaient donner de l'eau dans les petits bidons de nos soldats et la buvaient avec avidité. Tout le monde s'embrassa, et les femmes firent entendre des cris de joie.....

« La première surprise passée, le calme un peu rétabli, je fis réunir les notables de l'Oued-Rir, Si-Aly-Bey et le cheik de Temacin à leur tête, et je fis prononer le Fatah par le marabout de la Kaouïa voisine. Il s'acquitta de cette cérémonie avec beaucoup de dignité ; il demanda les bénédictions du ciel pour tous ceux qui avaient donné l'impulsion à ces travaux, il exhorta à la reconnaissance envers ceux qui donnaient de pareilles richesses ; enfin la prière isolée de chaque assistant termina la cérémonie. »

La fontaine nouvelle reçut du marabout le beau nom de fontaine de la Paix. Avant les plus grandes chaleurs le détachement de soldats rentra à Biskra où il arriva sans un seul malade. Ce n'est qu'au mois de décembre qu'on se remit à l'œuvre. Les incertitudes étaient dissipées et il n'y avait plus qu'à continuer ce qui avait été si heureusement commencé. Le nouvel équipage fut composé de soldats du 99e régiment de ligne, dirigés par M. Jus et le sous-lieutenant Lehaut. Cinq puits furent forés dans la campagne, et le Sahara s'enrichit d'un tribut constant de 9,000 litres d'eau par minute, équivalant au courant d'une petite rivière.

Dans l'oasis ruinée de Sidi-Rached l'apparition d'une source nouvelle, la Fontaine de la Reconnaissance, est ainsi décrite dans le mémoire où le général Desvaux rend compte des travaux exécutés :

« ...Après qu'on eut fait descendre une colonne de tubes dans le puits abandonné, le trépan perça la couche de gypse devant laquelle les indigènes avaient dû avouer leur impuissance, et, après quatre jours de travail, une nappe d'eau jaillissante de 4,300 litres d'eau par minute s'élança comme un fleuve bienfaisant.

« Des scènes touchantes eurent lieu alors : le récit de quelques-unes donnera une idée exacte de l'effet produit par ce forage, de l'influence que doivent avoir dans l'avenir ces travaux si utiles.

« Aussitôt que les cris de nos soldats eurent annoncé que l'eau venait de jaillir, les indigènes accoururent en foule, se précipitant sur cette rivière bénie, arrachée aux mystérieuses profondeurs de la terre; les mères y baignaient leurs enfants. Le vieux cheick de Sidi-Rached, à la vue de cette onde qui rend la vie à sa famille, à l'oasis de ses pères, ne peut maîtriser son émotion, et, tombant à genoux, les yeux remplis de larmes, il élève ses mains tremblantes vers le ciel, remerciant Dieu et les Français. »

Pour la campagne suivante un second matériel de sondage fut envoyé de France, et pendant que le lieutenant Lehaut continuait les sondages auprès de Tugurt, M. Jus alla ouvrir plusieurs puits entre Batna et Biskara dans le bassin du Hodna, autrefois très-fertile et dont le climat peut être facilement supporté par les Européens. Le désert reçut de nouveau un volume d'eau évalué à 9,000 litres par minute.

Pendant l'hiver de 1858 à 1859 les ateliers furent un peu désorganisés par l'envoi en Italie des soldats du 99e de ligne; on fit six forages dans le Sahara, mais deux seulement rencontrèrent des nappes d'une grande richesse, l'une donnant 4,600 litres et l'autre 4,800 litres par minute. La corporation des plongeurs, qui, obéissant auparavant à des sentiments de dépit, n'avait pas pris part aux travaux des Français, s'y associa pendant cette période. On lui confia même un petit équipage de sonde sous la direction d'un caporal et de deux soldats. Dans la campagne de 1859 on reprit les sondages sur tous les points avec une nouvelle activité. Pendant que M. Jus achevait de revivifier le Hodna, les ouvriers indigènes travaillaient dans les oasis à désobstruer dix-huit puits et à percer les couches dures qui avaient fait abandonner le creusement de quelques-uns. Le lieutenant Lehaut, établi à Ourlana, près de Tugurt, fora encore trois puits nouveaux, mais malheureusement ce furent les derniers. Sa constitution avait été épuisée par un si long séjour dans le désert et il mourut au mois de mai. Un monument a été élevé à sa mémoire près des sources. Entouré du respect et de la vénération des populations, il rappellera au voyageur européen le nom du pionnier de la civilisation tombé sur un glorieux champ de bataille.

En 1860 le lieutenant d'artillerie E. Zickel, bientôt nommé capitaine, prit la direction des travaux qu'il poursuit encore aujourd'hui avec intelligence et dévouement. Il débuta par le forage,

à Ourlana, d'un puits assez abondant pour faire tourner immédiatement un moulin arabe. Nous ne pouvons, faute de documents suffisants, faire l'histoire de ses travaux ; mais un relevé général nous apprend qu'aujourd'hui par ses soins et ceux de ses prédécesseurs, quarante puits ont été forés dans le Sahara oriental, et que le débit total des sources jaillissantes est de plus de 70,000 litres par minute, c'est-à-dire de plus de 100,000 mètres cubes dans les vingt-quatre heures.

La présence de ces eaux au milieu des terres arides de la zone la plus méridionale de notre colonie a une haute importance. Distribuées dans les canaux d'irrigation, elles ont déjà tellement augmenté l'étendue des oasis que 150,000 palmiers ont pu être plantés depuis 1856. Dès que le tronc fut assez élevé et les branches assez développées pour donner un ombrage favorable aux cultures inférieures, les habitants plantèrent d'autres arbres fruitiers, particulièrement des abricotiers. Divers légumes et l'orge y réussissent, même pendant la saison d'hiver.

Auprès des nombreuses oasis relevées de leurs ruines le désert a été doté d'éléments d'oasis nouvelles qui attireront les populations nomades. Selon le général Desvaux, les forages artésiens ont déjà donné lieu à une révolution remarquable dans la constitution de la société arabe. « La fraction des Selmia, dit-il, les nomades par excellence, se fixant à Oum-el-Thirour, témoigne des idées nouvelles introduites dans l'esprit des tribus du Sahara et de la possibilité de leur transformation. Le développement de la race européenne dans le Tell forcera à restreindre un jour ces émigrations périodiques des nomades qui, traînant à leur suite famille et troupeaux, causent sur leur passage une véritable perturbation ; on pourra alors les établir dans les oasis nouvelles. Depuis la conquête de l'Afrique, ces grandes tribus arabes avaient conservé avec pureté la langue et les mœurs de leurs ancêtres ; rien n'avait pu les faire renoncer aux habitudes de la vie de pasteur ; il a suffi de quelques années de la domination française, de quelques puits artésiens, pour faire brèche à une civilisation séculaire, aux instincts d'une race immuable, malgré les déplacements fréquents. Le progrès matériel a été suivi du progrès moral. »

Un tel résultat est conforme à la véritable mission de la France dans ces contrées. Notre conquête militaire doit être rendue fé-

conde par cette conquête pacifique[1] due à la supériorité de notre science et de notre industrie.

« La France, qui sympathise partout avec les idées de nationalité, ne peut, aux yeux du monde, justifier la dépendance dans laquelle elle est obligée de tenir le peuple arabe, si elle ne l'appelle à une meilleure existence. Lorsque notre manière de régir un peuple vaincu sera, pour les quinze millions d'Arabes répandus dans les autres parties de l'Afrique et en Asie, un objet d'envie; le jour où notre puissance établie au pied de l'Atlas leur apparaîtra comme une intervention de la Providence pour relever une race déchue; ce jour-là, la gloire de la France retentira depuis Tunis jusqu'à l'Euphrate, et assurera à notre pays cette prépondérance qui ne peut exciter la jalousie de personne, parce qu'elle s'appuie non sur la conquête, mais sur l'amour de l'humanité et du progrès. Une habile politique est le plus puissant véhicule des intérêts commerciaux. Et quelle politique plus habile pour la France que de donner dans ses propres États, aux races mahométanes, si nombreuses en Orient et si solidaires entre elles, malgré les distances, des gages irrécusables de tolérance, de justice et d'égards pour la différence de mœurs, de cultes et de races? »

F. ZURCHER.

[1] Comme auxiliaire puissant de ce genre de conquête, nous citerons le jardin d'acclimatation établi à Biskra, où l'on compte déjà plusieurs végétaux nouveaux propres à être cultivés avec avantage dans les oasis.

CHIMIE APPLIQUÉE

LES GISEMENTS DE POTASSE DE STASSFURT

Quand, en 1851, on fit le dénombrement décennal de la population de l'Irlande, on trouva au lieu de l'accroissement habituel une effrayante diminution, un million d'habitants sur huit avait disparu ; la grande famine de 1846 causée par la maladie de la pomme de terre et le manque de l'avoine avait écrasé cette malheureuse population. Les uns étaient morts de faim et de misère, les autres, vaincus et renonçant à la lutte séculaire contre l'influence anglaise, arrachant de leur cœur le vieil amour du sol natal, avaient fui vers l'Amérique, abandonnant cette terre ingrate incapable de nourrir ses enfants.

Bien que moins générales qu'il y a vingt ans, les maladies qui atteignent nos plantes cultivées n'en causent pas moins aujourd'hui encore des pertes considérables, et il importe de rechercher à quelles causes on peut attribuer leurs ravages périodiques. Des expériences précises nous enseignent qu'un végétal n'arrive à son complet développement, ne parcourt régulièrement toutes les phases de son existence qu'autant qu'il rencontre, dans le sol qui le porte, non-seulement les matières carbonées et azotées qui lui serviront à constituer ses tissus, mais encore les substances minérales qu'on rencontre dans ceux-ci avec une régularité et une constance qui démontrent qu'ils en font partie intégrante. — Si on compare l'analyse des végétaux à celle du sol arable, si on suppute ce que chaque récolte enlève au sol de matières azotées, carbonées, de potasse, d'acide phosphorique, de chaux, qu'on voie combien ces quantités sont faibles par rapport à celles que la terre renferme, on peut se croire rassuré, et déclarer que l'épuisement du sol ne peut être en aucune façon la cause des maladies qui affectent nos végétaux cultivés. Toutefois une analyse plus minutieuse conduit bientôt à des conclusions moins satisfaisantes. Il ne

suffit pas pour qu'une matière puisse être utilisée par une plante, qu'elle se trouve dans la terre où cette plante se développe, il importe encore qu'elle y soit à un état tel que cette plante puisse s'en emparer, il faut qu'elle soit soluble; or, les quantités de matières azotées, carbonées, de potasse, d'acide phosphorique actuellement assimilables et solubles contenues dans la terre arable, sont extrêmement faibles, et on conçoit comment il est utile d'ajouter au sol cultivé, non-seulement des fumiers qui ne représentent jamais qu'une fraction des principes enlevés au sol, mais encore des engrais artificiels. — Le commerce important auquel donne naissance le guano et les phosphates démontre, au reste, l'avantage que trouve le cultivateur à les enfouir dans le sol, et il n'est pas douteux qu'un commerce semblable s'établirait sur les sels de potasse si on savait comment se les procurer; mais jusqu'à ces dernières années, on n'avait découvert aucun gisement important de ces matières; les feldspaths, partie intégrante des granites, des porphyres, etc., sont cependant abondants à la surface du globe, mais ils se décomposent avec une excessive lenteur, et l'agriculture commençait à se préoccuper de la disette d'alcalis qui semblait la menacer, quand on annonça tout récemment qu'un gisement extrêmement étendu de sel gemme, découvert en Allemagne, renfermait des proportions notables de potasse à des prix assez bas pour qu'il fût avantageux aux cultivateurs de l'employer. La description du gisement de sel gemme de Strassfurt et d'Erfurth, la discussion des avantages qu'a déjà tirés et que tirera dans l'avenir l'agriculture de l'emploi de la potasse qu'il renferme, sont l'objet de cet article.

I

Découverte du sel gemme en Prusse et dans le duché d'Anhalt. — Importance du gisement. — Différents sels qu'on y rencontre. — Hypothèses sur sa formation.

L'abondance des sources salées dans la partie méridionale du bassin nord de l'Allemagne que partage la chaîne du Harz, la présence dans cette contrée du gypse ou de l'anhydrite, compagnons ordinaires du sel gemme, y avaient fait soupçonner depuis longtemps l'existence de gisement de sel marin..; si quelques sondages devaient rester sans résultats, d'autres, au contraire, ont été suivis

d'un plein succès et ont donné naissance à une industrie nouvelle, encore dans l'enfance, mais qui ne peut manquer de prendre un rapide et brillant développement.

Les premiers sondages exécutés en Prusse, à Stassfurt, datent de 1839 ; quatre années après, en 1843, le sel gemme apparut à une profondeur de 305 mètres, la sonde traversa ensuite une couche de marne de $6^{m},25$ et pénétra enfin dans une couche de sel gemme où l'on s'arrêta, en 1851, à la profondeur totale de 580 mètres.

Les eaux qu'on obtint d'abord ne renfermaient guère de sel marin, mais des quantités considérables de chlorure de magnésium, et ne pouvaient être employées dans les salines ; cependant cette première difficulté n'arrêta pas le gouvernement prussien qui, en 1851 et 1852, commença les travaux nécessaires à l'établissement de deux puits propres à l'exploitation du sel gemme ; à une profondeur de 255 mètres on rencontra des sels riches en chlorure de magnésium, et ce ne fut qu'à 304 mètres qu'on arriva au sel marin pur, déposé en couches dont la puissance est encore inconnue, puisque les travaux, poussés jusqu'à 333 mètres niveau de l'exploitation actuelle, n'ont pas encore touché les couches sur lesquelles repose le gisement.

En 1858, des travaux analogues furent entrepris dans le petit duché d'Anhalt enclave de la Prusse, à une distance de 1,165 mètres du puits prussien, et on rencontra le gisement de sel à une profondeur beaucoup moindre qu'en Prusse, car les sels déliquescents riches en chlorure de magnésium ne se trouvent qu'à une profondeur de 169 mètres et le sel marin à 198 mètres.

On n'a poussé les travaux ni dans l'une ni dans l'autre exploitation jusqu'à la base du gisement, et on ne peut se figurer encore nettement la puissance de ces gîtes ; toutefois l'étendue du bassin est d'environ 1,400 kilomètres carrés, et présente une source de richesse dans laquelle on peut puiser à pleines mains sans craindre de la tarir.

Le gisement de Stassfut peut se partager en quatre parties. — La plus profonde consiste en une couche de sel gemme pur de 214 mètres de puissance ; au-dessus se trouve une couche de sel gemme impur de 62 mètres 60 qui renferme déjà des sels déliquescents; puis vient une couche de 57 mètres dans laquelle abondent les sulfates; enfin la couche supérieure, épaisse

de 64 mètres, est formée d'un mélange de sel gemme, de sulfate de magnésie et de sel de potasse. — Si la découverte d'une masse aussi énorme de sel gemme est fort importante pour le gouvernement prussien et pour le duché d'Anhalt qui couvre une notable partie de son budget avec le produit de ses salines, l'abondance de la potasse dans l'étage supérieur présente une importance bien plus considérable encore, puisqu'elle assure à l'industrie et à l'agriculture une source pour longtemps inépuisable d'une matière dont la rareté commençait à être très-inquiétante. — Le chlorure de potassium se trouve à Stassfurt engagé en combinaison avec le chlorure de magnésium; ces deux chlorures forment une masse facilement décomposable par l'eau nommée *carnallite;* on ne saurait utiliser comme engrais ce minéral lui-même; la présence du chlorure de magnésium rendrait son emploi dangereux, et on doit procéder à la dissolution dans l'eau, puis à l'évaporation pour séparer les deux chlorures; le chlorure de potassium se dépose tandis que le chlorure de magnésium reste dans les eaux mères; on obtient aussi un produit renfermant 80 p. 100 de chlorure de potassium, de sodium et très-peu de chlorure de magnésium. Nous verrons plus loin, au reste, qu'on utilise comme engrais plusieurs produits secondaires qui peuvent être livrés à un prix moins élevé que le chlorure de potassium pur.

Au premier abord il semble facile de s'expliquer la constitution géologique du gisement de Stassfurt; on reconnaît qu'il constitue le fond d'une mer ou d'un lac salé dessséché dans lequel les sels se sont déposés par ordre de solubilité; il est remarquable de voir la masse du sel marin séparée en assises régulières par de minces filets de sulfalte de chaux, qui, peu soluble, a dû se déposer chaque année au moment où l'évaporation avait lieu sous l'influence des chaleurs de l'été; toutefois, bien qu'on retrouve, dans l'ordre des dépôts de Stassfurt et celui que présentent les sels qui se déposent dans les eaux mères des marais salants, une analogie évidente, on remarque cependant quelques différences qui indiquent qu'on ne saurait attribuer à la simple évaporation, sous l'influence des rayons solaires, d'une portion de mer séparée de l'Océan, la formation du dépôt de Stassfurt; en partant en effet de la salure moyenne des mers actuelles, on voit que pour une épaisseur de 15 millimètres de dépôt salin, il faut évaporer une quantité d'eau dont la hauteur est d'un mètre; on arriverait donc, pour la

mer qui a produit la seule portion aujourd'hui connue du gisement de Stassfurt, à une profondeur supérieure à 20,000 mètres, c'est-à-dire égale à la dénivellation qui existe aujourd'hui entre les cimes de l'Himalaya et le fond de l'océan Pacifique. L'esprit se refuse à admettre une semblable hypothèse; au reste il est facile de faire valoir encore d'autres considérations qui empêchent d'admettre l'évaporation pure et simple sous l'influence de la chaleur solaire du fond d'une mer : c'est la présence dans le sel de Stassfurt des cordons d'anhydrite qui séparent les uns des autres les dépôts de chlorure de sodium. On sait, en effet, que, lorsque le sulfate de chaux se dépose au sein de l'eau, il englobe au moment de sa cristallisation une certaine quantité d'eau; il se présente sous forme de gypse (SO^3 CaO. 2 HO) et non sous forme de sulfate de chaux anhydre; pour que ce dernier sel prenne naissance, il faut que la température s'élève; et c'est seulement quand elle atteint 150° qu'a lieu le dépôt de l'anhydrite; comme nous ne pouvons pas admettre que cette température ait été produite par la chaleur solaire, il faut que nous supposions que l'évaporation du sel de Stassfurt a eu lieu sous l'influence de vapeurs échauffées par leur séjour dans le sein de la terre; on sait qu'il n'est pas rare de rencontrer des sources thermales arrivant au jour à la température de l'eau bouillante; on sait enfin que les dissolutions saturées entrent en ébullition à une température supérieure à 100°; et on conçoit que l'évaporation des eaux du bassin de Stassfurt ait pu avoir lieu à une chaleur telle que le sulfate de chaux se soit déposé sous forme d'anhydrite; ce qui semble au reste démontrer clairement que l'évaporation a eu lieu sous l'influence des vapeurs produites sous l'influence volcanique, c'est la présence, parmi les éléments complexes qui constituent le gisement que nous étudions, de la boracite; cette matière, comme son nom l'indique, renferme de l'acide borique qui accompagne souvent les émanations volcaniques gazeuses; presque tout l'acide borique actuellement employé dans les arts provient des lagoni de Toscane où il s'échappe des profondeurs du sol avec de la vapeur d'eau et de l'hydrogène sulfuré qui caractérisent, ainsi que le lecteur l'a vu plus haut (*les Volcans*), les émanations volcaniques.

Si, pour nous résumer, la présence de l'anhydrite, celle de la boracite, celle même de produits bitumineux, qu'on rencontre parfois à la partie supérieure du gisement de Stassfurt, démontrent

que l'évaporation de l'eau salée a dû avoir lieu à une température élevée produite très-probablement par le contact de vapeurs en relation avec des couches soumises à l'activité volcanique au moment où cette évaporation a eu lieu, il nous reste encore à comprendre d'où est venue cette masse énorme de sels, puisque nous ne pouvons admettre qu'il y ait eu simplement évaporation de l'eau d'une mer séparée de l'Océan par une révolution du globe, semblable à celle, par exemple, qui a séparé le Sahara de la Méditerranée; ce qui se passe encore de nos jours dans la Russie orientale peut nous donner une idée du phénomène qui s'est probablement produit autrefois dans la mer de Stassfurt. « Le plus remarquable des golfes de la mer Caspienne est le gouffre noir (Karaboghaz), qui réunissait autrefois le lac d'Aral à la mer Caspienne, et qui aujourd'hui ne communique plus avec cette dernière que par un canal étroit, ayant 150 mètres à peine de large dans sa partie la plus rétrécie. Le fond de ce détroit se relève lentement vers l'intérieur de la baie; si bien qu'à l'entrée de celle-ci il forme une large barre. Un courant constant, dont la vitesse varie suivant le vent depuis un nœud et demi jusqu'à quatre nœuds à l'heure, porte incessamment les eaux de la mer dans ce vaste gouffre, sur lequel, jusqu'à ces derniers temps, aucune embarcation n'avait osé s'aventurer. » Le mouvement des eaux de la mer vers le gouffre noir est dû à l'évaporation puissante qui se fait à la surface de cette immense nappe d'eau, dont ni les ruisseaux, ni les sources, ni les eaux du ciel ne viennent combler le déficit incessant.

Le Karboghaz est donc un vaste réservoir de concentration où viennent s'accumuler chaque jour, en supposant au courant une vitesse moyenne de trois nœuds à l'heure, 350 mille tonnes de sel, si bien qu'aujourd'hui, malgré son étendue, ce lac immense est à peu près saturé, que toute vie animale y a cessé, que les végétaux même ont disparu de ses bords, et que déjà le sel commence à se déposer sur le fond.

« Toute cette série de phénomènes se produisant depuis la séparation des mers se répétera jusqu'à ce qu'une surélévation accidentelle de la barre vienne à fermer l'entrée du canal; alors, l'évaporation continuant, le lac disparaîtra rapidement, et il ne restera plus qu'un vaste champ de sel entrecoupé dans les parties basses de marais qui eux-mêmes finiront par disparaître. Si, au

contraire, la communication avec la mer persiste, le mouvement enrichissant lui-même conservera sa puissance actuelle et se poursuivra jusqu'à ce que le bassin tout entier soit comblé, formant ainsi une saline dont la puissance et l'étendue égaleront et dépasseront même celle des gisements que nous ont légués les époques géologiques. »

M. S. Fuchs, auquel nous empruntons ces lignes[1], fait comprendre par cet exemple comment a pu se produire le dépôt de Stassfurt. A une époque reculée, la mer y séjournait ; un mouvement de terrain sépare cette mer de l'Océan ; des vapeurs échauffées par leur passage au travers des couches profondes du globe pénètrent dans cette mer intérieure et en élèvent la température ; l'évaporation commence ; cette évaporation est lente sans doute, car il est possible qu'elle soit balancée par la pluie. Admettons toutefois que l'évaporation domine, et que, bientôt saturées, les eaux abandonnent à la surface du sol un premier dépôt de sel, qu'enfin, l'évaporation continuant encore, certaines portions de ces terrains salés arrivent au jour ; ils vont former de vastes steppes qui, lavées par les eaux des pluies, vont envoyer le sel qu'ils renferment dans les parties basses, dans les marais et les lacs. Il y aura donc dans ceux-ci accumulation constante d'eau et de sel ; et si les mêmes causes persistent, si l'évaporation est toujours dominante, ces lacs eux-mêmes se déssècheront peu à peu et nous donneront des dépôts abondants de différents sels déposés par ordre de solubilité, mais mélangés avec des produits particuliers caractéristiques des émanations volcaniques si l'évaporation a été aidée par des vapeurs sorties du sein de la terre, comme tout semble prouver que cela eu lieu à Stassfurt.

La production du sel dans le duché d'Anhalt et en Prusse dépasse aujourd'hui les besoins de la consommation ; lorsqu'on commença à creuser les puits de Stassfurt, la Prusse produisait avec ses salines 107 mille tonnes, tandis que la consommation était de 128 mille tonnes, représentant 7 k. 70 par tête, proportion qui est restée la même depuis vingt-cinq ans, et l'on était obligé de recevoir de l'étranger 25 milles tonnes par an ; aujourd'hui, au contraire, la production s'élève à 175 mille tonnes et on

[1] *Mémoire sur le gisement de chlorure de potassium de Stassfurt-Anhalt*, par M. L. Fuchs, ingénieur des mines (*Bulletin de la Société d'encouragement*, mars et avril 1865).

exporte le sel gemme de Stassfurt dans le Schleswig-Holstein, en Hollande et en Angleterre, où il est plus recherché pour les fabriques que pour la consommation directe.

On ne peut employer économiquement dans la culture les sels purs de potasse; ils exigent des frais de fabrication qui rendraient leur usage impossible; mais il est possible, en revanche, de se procurer à bon compte un produit renfermant 15 pour 100 de sulfate de potasse, 30 de sulfate de magnésie, et enfin 45 de sel marin. Ce mélange employé en automne produit de bons effets, et il vaut à Kalk près de Deutz, aux environs de Cologne, 55 fr. 50 la tonne. — On peut encore utiliser dans la culture un autre résidu de fabrication renfermant 15 à 20 pour 100 de sulfate de potasse, 10 à 15 de sel marin, 14 de sulfate de magnésie, 24 de sulfate de chaux; le complément est formé de silice, d'argile, d'oxyde de fer, etc. Ce sel est livré au commerce à l'état broyé sous le nom d'engrais de potasse, au prix de 60 fr. la tonne.

II

Quantité de potasse enlevée au sol par diverses cultures. — Potasse totale existant dans le sol arable. — Potasse soluble. — Essais synthétiques. — Expériences de M. G. Ville, de M. le baron de Liebig. — Les maladies des pommes de terre, des betteraves. — Importance de la question.

Les chimistes agronomes, frappés depuis longtemps de la constance de composition des cendres des plantes habituellement cultivées, ont reconnu que souvent les principes minéraux faisaient partie intégrante des tissus mêmes de la plante et étaient aussi nécessaires à son organisation que l'acide carbonique, l'eau et les matières azotées à l'aide desquelles elle constitue ces tissus mêmes [1].

[1] Dans un Mémoire qui vient d'être couronné par l'Académie des Sciences, l'auteur de cet article s'est livré, sur l'état auquel se trouvent les principes minéraux contenus dans les végétaux, à un grand nombre d'essais analytiques; il a reconnu que si certains principes peuvent n'être que déposés par l'évaporation de la séve, ou retenus faiblement, dans les végétaux marins, par une sorte d'affinité capillaire semblable à celle qui conserve, sur une étoffe non mordancée, une faible quantité d'une matière colorante dans laquelle le tissu a été plongé; dans d'autres cas, au contraire, les principes minéraux sont re-

On fut donc conduit à déterminer la quantité de ces principes minéraux enlevés au sol par diverses récoltes ; bien que ces nombres soient variables suivant la récolte elle-même , on sait que la betterave, la pomme de terre, la navette, le trèfle, la vigne, enlèvent à chaque récolte des quantités notables de potasse. Dans certains cas ces quantités peuvent être évaluées par hectare à 145 kilog. pour les pommes de terre, à 160 pour le trèfle, à 130 pour la navette, enfin à 200 pour les betteraves; dans d'autres circonstances ces quantités seraient beaucoup plus faibles; ainsi M. Boussingault ne trouve dans la récolte d'un hectare de pommes de terre que 63 kilog. de potasse, 90 dans une récolte de betteraves, 27 dans une récolte de froment et 16,5 enfin pour la culture de la vigne. Qu'on adopte ces derniers chiffres ou les précédents, on n'en reconnaîtra pas moins que des récoltes successives de ces diverses plantes enlèvent au sol des quantités de potasse réellement considérables, et la plupart du temps perdues pour la culture: car l'industrie, manquant de cette matière première, sollicite par les prix élevés qu'elle peut offrir, l'agriculture à lui livrer toute la potasse dont elle dispose; la culture de la betterave est devenue, notamment dans ces dernières années, la cause d'un prélèvement considérable de la potasse contenue dans le sol arable; on sait qu'à la fin des campagnes, il s'accumule dans les sucreries un produit riche en sucre et en sels de diverses natures qu'il est difficile de faire cristalliser : la mélasse ; les fabricants de sucre livrent ces *mélasses* aux distillateurs qui les font fermenter, en extraient l'alcool, puis évaporent et calcinent les résidus qu'ils livrent au commerce sous le nom de salins de betterave ; ces salins renferment des proportions notables de

tenus avec une énergie qui fait croire à une combinaison. Dans certains fucus, l'eau enlève indifféremment tous les principes minéraux solubles, chlorures et sulfates, et la plante lavée est seulement appauvrie en principes minéraux et ceux-ci conservent après le lavage les mêmes proportions; mais dans d'autres cas, au contraire, l'eau enlève tous les chlorures et laisse les sulfates ; une dissolution bouillante et très-étendue de soude et de potasse enlève à la plupart des feuilles toute la silice qui y est contenue, mais laisse au contraire toute la silice contenue dans la tige de froment et la plus grande partie de celle que renferme la fougère ; ces principes minéraux n'obéissent donc plus dans ces conditions à leurs propriétés habituelles, et tout fait penser qu'ils forment avec les tissus mêmes une véritable combinaison, de telle sorte qu'on peut comprendre que leur absence dans le sol, ne permettant pas à la plante de constituer ses tissus normalement, la laisse chétive et peu vivace.

potasse définitivement perdue pour l'agriculture. On a calculé que, pour les environs de Magdebourg seulement, l'agriculture livrait aussi à l'industrie une masse de 4 millions 500 mille kilogrammes de potasses brutes.

Devant de semblables résultats les chimistes agronomes se sont émus et ont voulu rechercher la quantité de potasse contenue dans le sol arable, afin de reconnaître si la proportion en était assez élevée pour qu'on pût sans danger continuer un prélèvement aussi notable ; au premier abord toute crainte semble disparaître, car en dosant la potasse totale contenue dans un hectare de terre on trouve qu'en Allemagne cet alcali varie de 76,000 à 40,000 kilogrammes; et sans affirmer que toutes les terres fertiles présentent des quantités semblables, on peut cependant croire que le sol renferme en général de quoi subvenir aux récoltes épuisantes ; mais toutes les conclusions changent quand on s'avise de rechercher l'état auquel se trouve cette potasse. Les plantes ne peuvent prendre dans le sol que les matières capables de se diluer dans l'eau; il ne suffit pas qu'une terre renferme tous les éléments propres à la végétation, il faut encore qu'elle les renferme à un état tel que les végétaux puissent s'en saisir. Or si on soumet à l'analyse immédiate la terre arable, c'est-à-dire si on distingue dans la potasse totale celle qui existe aujourd'hui à l'état soluble, on reconnaît que cette proportion est en général très-faible; dans une terre moyenne de la Brie, elle ne serait, d'après mes propres expériences, que de 68 kilos à l'hectare, et, d'après celles d'autres observateurs, elle pourrait s'élever à 160 kilos et atteindrait rarement des chiffres beaucoup plus élevés. On conçoit d'après cela comment il peut être utile de donner aux sols des engrais riches en potasse, si cette potasse présente l'importance agricole que nous lui attribuons. Nous n'en sommes pas réduits sur ce point à des hypothèses. Dans un travail important inséré aux Comptes rendus des séances de l'Académie des sciences [1], M. G. Ville a rapporté les résultats d'une culture de froment entreprise dans du sable calciné, amendé dans un cas avec du phosphate de chaux, du phosphate de magnésie et du nitrate de chaux en proportion équivalente à 0^{g}, 110 d'azote, et dans l'autre avec toutes ces

[1] *De l'importance comparée des agents qui concourent à la production végétale*, t. LI, 1860, p. 246, 437, 874.

matières additionnées de 3 grammes de silicate de potasse; dans le premier cas, 20 grains de blé ont donné une récolte de 6g, 02, et dans le second de 22g, 27. Les mêmes expériences furent repétées dans de la terre des landes de Gascogne qui est naturellement privée de potasse. « Dès le début de l'expérience les deux séries de culture ont offert un contraste saisissant : là où la potasse faisait défaut, la végétation était à peu près nulle; les plantes languissantes et chétives pouvaient à peine se soutenir. Dans les pots où la potasse faisait partie de la fumure, la végétation présentait une activité remarquable : le chaume de quelques céréales s'est élevé à 1m, 30 de hauteur ; les épis étaient bien fournis de grains. » Les récoltes pesées donnèrent 4g, 88 pour la culture sans potasse, et 20g, 95 pour la culture amendée avec cet alcali; dans un cas on compta 15 grains de froment, dans l'autre 18 grains. — M. G. Ville s'est au reste appliqué à démontrer que la soude ne pouvait remplacer la potasse, et on conçoit, d'après ces premiers résultats, de quelle importance peut être la découverte de la potasse à Stassfurt, puisqu'elle est susceptible de fournir à l'agriculture à bas prix, en masses énormes, une matière dont l'utilité n'est pas douteuse.

Les expériences de M. G. Ville ne sont pas au reste les seules que nous puissions invoquer en faveur de l'utilité de la potasse. M. Fuchs, dans le mémoire auquel nous avons fait de fréquents emprunts, donne les résultats de culture de betteraves entreprise en Allemagne, où l'emploi du sulfate de potasse a donné des résultats remarquables ; on a trouvé que dans 100 parties du liquide aqueux extrait de la betterave par écrasement et pression, il y avait une quantité de sucre variable de 12,83 à 14,14. tandis que dans le suc des mêmes betteraves amendées avec les mêmes engrais additionnés de sulfate de potasse, le sucre s'élevait dans le liquide de 14,24 à 16,205; la moyenne dans le premier cas était de 13,60, dans l'autre 14,97 ; ainsi dans ce cas la betterave, plus vigoureuse dans des conditions de végétation meilleure, avait fourni une plus grande quantité de principe immédiat qu'on recherche dans sa culture. — Les chimistes allemands ont même obtenu de l'emploi de la potasse dans la culture des résultats plus importants encore. M. Liebig a placé dans trois caisses de grandes dimensions une terre venant de donner une très-belle récolte d'orge; la caisse nº 1 fut ensemencée en pommes

de terre et ne reçut aucune fumure, la caisse n° 2 reçut un engrais azoté et phosphaté, un mélange de phosphate, de carbonate et de sulfate d'ammoniaque, enfin la caisse n° 3 reçut en outre du sel de potasse ; on obtint les résultats suivants :

	Caisse n° 1. — Sans fumure.	Caisse n° 2. — Phosph. carbon. et sulfate d'ammoniaque.	Caisse n° 3. — Phosphate et sels de potasse.
Fanes.	1837 parties.	3589 parties.	2780 parties.
Pommes de terre.	2540	3062	7201
Rendement en pommes de terre calculé par hectare en quintaux métriques. .	140	168	400

Ainsi la potasse avait fourni un supplément de tubercules des plus remarquables ; en outre, et c'est là un point sur lequel il importe d'insister, les récoltes des deux caisses n° 1 et n° 2 qui n'avaient pas reçu de potasse furent bientôt atteintes par la maladie, tandis que les pommes de terre amendées avec de la potasse restèrent parfaitement saines ; ce serait évidemment aller au delà des faits que de vouloir conclure que la maladie des pommes de terre qui a causé et cause encore chaque jour à l'agriculture des pertes si sérieuses, est due à l'absence de la potasse dans le sol ; mais on peut très-bien concevoir qu'une plante malingre végétant péniblement dans un sol qui ne renferme pas les éléments nécessaires à la constitution de ses tissus, soit plus sensible aux causes morbides qu'une autre plante vivant au contraire dans des conditions meilleures qui lui permettent d'acquérir plus de vigueur et par suite de mieux résister aux atteintes de la maladie. D'autres faits établis par des observateurs différents viennent encore appuyer dans le même sens: le docteur Grouven a trouvé dans 100 parties de cendres de :

Trèfle malade.	3,32 0/0	de potasse.
Trèfle sain..	35,50 0/0	—

D'après Rimpan, 100 parties de terre contenaient, dans un sol fatigué de trèfle, 3 parties de potasse et 5,5 de carbonate de soude ;

Dans un sol produisant de bon trèfle, 13,1 de potasse et 8,5 de carbonate de soude.

On a trouvé enfin dans 100 parties de cendres de betteraves saines :

30,5 de potasse. 2,2 de carbonate de soude;

Betteraves modestement malades :

26,8 de potasse. 0,7 de carbonate de soude;

Betteraves très-malades :

19,0 de potasse. 0,4 de carbonate de soude.

Dans les cendres dépourvues de terres malades provenant du domaine de Grignon, nous avons trouvé 5,5 pour 100 de potasse, et 9,4 dans les cendres de pommes de terre saines.

La question est donc très-nettement posée ; quelques observateurs consciencieux assurent qu'ils ont trouvé, dans les plantes malades, moins de potasse que dans les plantes saines ; que lorsqu'ils ont ajouté de la potasse dans la terre arable, ils ont eu des récoltes plus abondantes de végétaux sains; et on conçoit que si des résultats de cette importance ne peuvent être admis sans être soumis à de nombreuses vérifications, il importe de les faire connaître, afin qu'on puisse étudier les conditions dans lesquelles il faut employer la potasse que le gisement de Stassfurt nous fournit aujourd'hui en abondance. Il y a peut-être dans cette étude l'origine d'un des événements les plus heureux qui puisse arriver ici-bas; le ralentissement ou même la disparition de quelques-unes des maladies qui détruisent les espérances les mieux fondées de l'agriculture et amènent dans les produits alimentaires une cherté particulièrement sensible pour les classes pauvres, auxquelles doivent toujours penser ceux qui ont et ceux qui savent.

P. P. Dehérain.

MÉDECINE ET HYGIÈNE PUBLIQUE

I

DES HOPITAUX

ASSISTANCE ET HYGIÈNE

I

Les hôpitaux et l'assistance publique avant la Révolution. — Développement successif. — Révolution, ruine. — Période de restauration. — But complexe de l'assistance hospitalière.

Il serait sans intérêt et sans utilité pour le but que nous nous proposons dans cet article, de suivre pas à pas le développement des établissements hospitaliers depuis les premiers temps de l'âge moderne jusqu'à nos jonrs. Cependant, comme les faits s'enchaînent étroitement d'un jour et d'un siècle à l'autre, un rapide coup d'œil sur le passé est indispensable pour comprendre la filiation naturelle des choses.

L'ensemble de nos institutions hospitalières se présentait avant la révolution de 89 sous un aspect imposant. Chaque époque, surtout à partir du règne de Henri IV, avait apporté sa pierre à l'édifice; celui-ci gardait, dans son ampleur, la trace des temps et l'indication des besoins divers plus ou moins heureusement satisfaits.

Du vieil Hôtel-Dieu ouvert à tous les genres de souffrances et succombant sous sa vétusté et son encombrement, jusqu'aux fondations, récentes alors, de madame Necker, de Beaujon et de Cochin, on découvrait clairement les motifs qui avaient présidé à la création successive des quarante-huit hôpitaux, hospices et asiles existant alors.

D'abord la charité empreinte à un haut degré du sentiment re-

ligieux avait guidé les premiers fondateurs; beaucoup plus tard, pendant le règne savant et économique de Henri IV, la charité cède le pas à des idées prévoyantes d'hygiène générale et de traitement efficace des malades; plus tard encore, Louis XIV dispose et organise les vastes asiles où seront reçues les bandes de mendiants de toutes sortes qui abondent pendant toute la durée de son règne fastueux; enfin le siècle qui nous précède, éclairé par l'expérience et par le progrès des tendances sociales, obéit vers son déclin à un sentiment de philanthropie plus restreint mais mieux calculé.

Ces établissements variés de forme, d'étendue et d'organisation accueillaient des malades, des incurables, des individus valides, des enfants-trouvés, des orphelins, des femmes en couches, des fous, des imbéciles, des épileptiques et des infirmes. Parfois plusieurs de ces catégories étaient réunies dans une même maison, pandémonium de toutes sortes de misère. La Salpétrière, dépendant comme Bicêtre de l'hôpital général, établi en 1646 « pour le renfermement des pauvres mendiants de la ville et des faubourgs de Paris », la Salpétrière recevait des femmes enceintes, des nourrices avec leurs nourrissons, des petits garçons, des jeunes filles, des femmes âgées, de vieux hommes mariés, des fous, des aveugles, des paralytiques, des teigneuses, des enfants scrofuleux; elle renfermait de plus une prison divisée en quatre compartiments. A Bicêtre on trouvait des hommes jeunes et vieux, valides et invalides, des fous, des aveugles, des scrofuleux, des incurables de toute nature, des prisonniers, des vénériens des deux sexes.

Ces individus vivaient dans un état de douloureuse promiscuité. On peut lire dans les rapports officiels du temps l'effroyable tableau de ces repaires immondes, égouts fangeux où s'écoulaient, poussées par une charité toujours insuffisante, les impuretés d'un corps social débile et malade.

En effet, sur une population parisienne qui n'excédait guère 660,000 personnes, 35,000 individus occupaient journellement les établissements hospitaliers; c'était 1 habitant d'hôpital ou d'hospice sur 18 habitants de la ville. Et sur ce chiffre énorme de 35,000 individus vivant du pain de l'hôpital il n'y avait guère que 6 à 7,000 malades; le reste se composait de pauvres, de mendiants, d'incapables de tout sexe et de tout âge depuis le nouveau-né jusqu'au vieillard.

Heureusement nous n'en sommes plus là. Disons à la gloire de notre temps qu'il n'est plus nécessaire de secourir et de faire vivre artificiellement une pareille masse d'individus improductifs. En prenant pour un jour la population des hôpitaux et hospices de Paris, celle-ci est à la population totale de la ville dans le rapport de 1 à 85, chiffre bien différent de celui de 1 à 18 que nous venons d'indiquer.

Au reste, la valeur de l'assistance était au siècle passé en raison inverse de son étendue. Un même établissement pouvait recevoir tantôt dix-huit cents, tantôt six mille habitants. On imagine la perturbation que devaient causer de semblables variations. L'espace manquait dans tous les sens. Un lit et son impériale contenait quatre ou six malades. Ces malheureux avaient 25 centimètres de largeur pour s'étendre et 3 à 4 mètres cubes d'air non renouvelé à respirer. Leurs plaies, leurs souffrances, leurs cris, tout était commun entre eux, rivés au même pilori de douleur, jusqu'à ce que la mort, visiteur assidu, vînt éclaircir les rangs.

Tristes choses dont il faut se souvenir pour les éviter et pour les combattre jusque dans leurs derniers vestiges !

Cependant la lumière se faisait. L'Académie des sciences, Bailly, Tenon avaient exposé la situation lugubre des hôpitaux et les moyens d'y remédier. Quelques établissements nouveaux, mieux aménagés et mieux pourvus, venaient d'être fondés par des bienfaiteurs éclairés. L'Hôtel-Dieu pouvait être reconstruit, grâce à la riche collecte produite par une souscription publique et volontaire (2,226,807 fr.), qui eût été bien suffisante à cette époque.

Sur ces entrefaites, la Révolution éclata. C'était pour un temps la ruine de l'assistance hospitalière. Après de longues discussions au sein de la Constituante, la Convention décréta (1793) « *que les secours publics sont une dette sacrée et que la société doit la subsistance aux citoyens malheureux.* » Ce principe erroné au point de vue de la justice produisit en moins d'un an des conséquences démonstratives. L'État voyait se tarir dans ses mains les sources de la bienfaisance et le nombre de ceux qui réclamaient le secours au nom du droit légal allait sans cesse en augmentant.

Bientôt, le Directoire dut se hâter de débarrasser l'État de l'écrasante responsabilité qu'il avait assumée et de reconstituer au-

tant que possible la fortune des établissements de secours. Cette reconstitution, très-incomplète en raison des difficultés politiques, laissa les hôpitaux, et surtout ceux de Paris, dans une situation de détresse dont ils ne purent sortir qu'après de longues années.

Au commencement du siècle, tout leur manquait, les locaux ruinés ou affectés irrévocablement à d'autres usages, le mobilier, le linge et les ressources suffisantes pour créer et réparer.

Depuis cette époque jusqu'à nos jours, l'amélioration a été continue et sous quelques rapports il reste peu de choses à faire ; cependant il convient de distinguer deux périodes dans cette marche progressive. Dans la première qui s'étend jusqu'à 1830 environ, le nombre des places dans les hôpitaux est inférieur à ce qu'il pourrait être ; faute d'argent et de mobilier, beaucoup de salles restent inoccupées. Dans la période suivante, tous les locaux disponibles bons ou médiocres sont utilisés ; les hôpitaux sont de nouveau encombrés, beaucoup moins sans doute qu'au dernier siècle, mais trop encore au point de vue d'une bonne hygiène.

Tout récemment les exigences de l'hygiène ont de nouveau fixé l'attention ; il s'en faut cependant qu'elles soient la base de toutes les œuvres hospitalières actuelles.

Quand on suit l'histoire de l'assistance publique envisagée sous un point de vue général, on reconnaît qu'elle ne doit s'adresser qu'à deux catégories d'individus : les uns ne pouvant pas ou ne pouvant plus vivre de leur travail : ce sont des enfants, des vieillards, des infirmes ; les autres temporairement frappés ou empêchés : ce sont des malades. Quant à l'imprévoyant, au paresseux, au déréglé, l'assistance n'a rien à faire pour lui ; d'ailleurs le nombre en diminue chaque jour et diminuera d'autant plus vite que l'instruction se généralisera davantage.

Quoique restreints dans les limites que nous venons de poser, et laissant à l'écart les aliénés qui relèvent de la police et de la magistrature, les mendiants de profession et les vagabonds soumis à la règlementation policière, négligeant les formes variées que peut revêtir la bienfaisance : patronage, primes, prêts et avances, associations encouragées, etc., le rôle et l'organisation de l'assistance publique n'en constituent pas moins un problème d'une solution difficile et délicate : tellement difficile qu'on ne saurait la

concevoir parfaite que le jour où l'assistance elle-même serait devenue un rouage inutile de la machine sociale.

La preuve de cette difficulté, c'est le nombre des dispositions législatives qui se sont succédé dans un même esprit ou dans des voies opposées ; c'est encore la diversité des règles adoptées dans les différents pays.

Ainsi, tandis que l'Angleterre n'impose à son assistance publique que de satisfaire aux besoins les plus rigoureux des indigents, laissant à la charité privée la mission de soigner les malades curables ou non, d'héberger suivant ses facultés certains infirmes, l'organisation française doit faire face à tous les besoins à la fois. Elle doit secourir les indigents, donner asile aux infirmes, aux incurables, aux vieillards et aux enfants et soigner les malades de toute nature.

Peut-être le système anglais est-il moins régulier et moins satisfaisant à première vue; mais quelle liberté il laisse à la bienfaisance spontanée et combien les œuvres de cette dernière sont supérieures à celles de l'organisation légale, par cela même qu'elles peuvent poursuivre leur but sans entraves ni préoccupations!

En France, au contraire, si l'assistance publique est plus compréhensive et plus accessible, cette ampleur devient aisément une source de confusion ; la misère et la maladie mélangent leurs exigences, et le remède commun qui s'applique à l'un et à l'autre risque de n'être parfaitement approprié à aucun des deux.

Nous ne voulons pas nous prononcer entre ces deux systèmes. Défectueux l'un et l'autre, ils possèdent chacun des avantages particuliers qu'il faudrait imiter en les améliorant.

Actuellement l'assistance publique de Paris garde le souvenir des traditions hospitalières dont nous avons donné une idée succincte ; pénétrée de l'obligation imposée à la commune et à ses établissements de secourir les indigents de toute espèce, elle recueille à l'hospice l'incurable, l'infirme et le vieillard ; elle soigne à domicile le malade qui a une habitation et une famille et fait de l'hôpital le refuge de toutes les autres misères dont la maladie à un degré quelconque est le commencement ou la fin ; à toutes elle donne le même abri, le même pain, les mêmes soins.

Désormais nous ne nous occuperons plus que des hôpitaux ; mais avant de passer outre, appelons l'attention sur cette importante conclusion à laquelle nous voulions arriver : par le fait de

leur organisation les hôpitaux doivent répondre à deux indications distinctes ; ils doivent admettre le plus grand nombre de ceux qui sollicitent leur entrée, mais ils doivent encore soigner le mieux possible, pour obtenir les guérisons les plus faciles et les plus fréquentes, les individus qu'ils ont accueillis. Ils ont donc à faire face à la fois à des nécessités d'assistance et à des nécessités d'hygiène et de thérapeutique.

Ces nécessités qui semblent opposées au premier abord sont conciliables cependant comme nous espérons le prouver ; mais aujourd'hui il y a conflit entre elles. Pour juger ce point il faut les étudier l'une et l'autre séparément.

II

De l'assistance. — Ses nécessités. — Ses inconvénients. — Augmentation des assistés. — Encombrement.

Qu'est-ce que l'assistance? quel est son but?

La maladie saisit un individu qui vivait de son travail quotidien sans pouvoir prélever une épargne pour s'assurer contre le chômage; il invoque l'assistance qui l'envoie à l'hôpital. Que la maladie soit courte ou longue, grave et légère, curable ou non, le fait est le même.

Il est bien rare que le pauvre jouisse d'une santé irréprochable. La maladie joue un rôle dans son existence. Beaucoup sont valétudinaires. De temps à autre quand le travail manque ou que le froid sévit, ils viennent chercher un peu de repos à l'hôpital et invoquent pour y entrer le délabrement de leur santé. Dans les hivers rigoureux et dans les années de disette leur nombre augmente considérablement. Tel qui trouvait à vivre dans les longues et tièdes journées de l'été ne le peut plus dans les jours froids et courts de l'hiver. Il déserte le champ de bataille et se réfugie à l'hôpital.

C'est pis encore lorsqu'une affection épidémique se manifeste et accroît le chiffre ordinaire des malades de toutes les classes.

A tout cela personne ne trouve à redire. C'est bien d'aider tous ces nécessiteux frappés par la maladie; c'est le rôle de l'assistance. D'une manière générale elle a pour but de secourir la misère imméritée, le dénuement total ou partiel ; au point de vue

spécial des hôpitaux, quand elle prend le nom d'assistance hospitalière elle secourt la misère compliquée à un degré quelconque par la maladie. Son critérium, ce n'est pas la maladie, c'est la misère.

Ce que nous disons là n'est point nécessairement vrai de toutes les assistances hospitalières; mais cela est vrai de celle de Paris, en vertu de son organisation.

Quoique des règlements nombre de fois rappelés établissent que les hôpitaux sont destinés uniquement à soigner des maladies aiguës et curables, cette destination est constamment faussée par la force des choses. Il suffit pour s'en convaincre d'étudier la clientèle des établissements parisiens. Bien mieux, notre assistance publique se fait un mérite de suffire à tous les besoins de la misère souffrante par le traitement hospitalier, au risque de se voir déborder par le nombre des malades et de négliger la qualité du secours pour accroître sa quantité.

Il faut bien le reconnaître, cette tendance n'appartient pas seulement à notre administration charitable, elle est générale, très-générale. Donner un lit d'hôpital, telle est l'*ultima ratio* de l'assistance publique; faire créer de nouveaux lits d'hôpitaux, tel est le dernier mot d'une philanthropie trop répandue.

En face de ceux en petit nombre qui, ne comprenant pas le rôle incontestablement utile et impossible à remplacer de l'hôpital, voudraient renoncer à ce puissant instrument de conservation, la majeure partie de la société, sa partie la plus influente, déploie ses efforts dans le sens opposé. Au lieu de rechercher à l'aide de quels moyens on pourrait restreindre dans ses plus étroites limites le secours hospitalier en lui donnant la plus grande perfection, cette classe nombreuse et influente préfère suivre la pente routinière et pousser les pouvoirs publics à accroître le nombre et l'étendue des hôpitaux.

Il y a en cela plus de bonne volonté que de science, plus de sentiment que d'examen.

Mais revenons aux faits. Il est aisé de prévoir que dans leur état actuel, nos hôpitaux doivent recevoir un nombre très-variable d'individus. En été ce nombre est souvent au dessous du chiffre normal déjà beaucoup trop élevé, mais en hiver c'est le contraire: tout est plein et cela ne suffit pas. Jusque dans ces dernières années on remédiait à cette pénurie en plaçant dans chaque salle,

ou du moins dans beaucoup de salles, deux, quatre, six lits supplémentaires. Grâce aux louables efforts de l'honorable directeur de l'Assistance publique, ce dangereux procédé tend à disparaître, mais il n'a point encore complétement disparu, et il faudra de grands et continuels efforts pour le déraciner, car suivant le langage du grand énonomiste Bastiat, il permet de parer immédiatement à *ce qu'on voit* et n'a d'inconvénients que pour *ce qu'on ne voit pas* — immédiatement. Mais ces inconvénients sont des plus graves, des plus réels et tôt ou tard ils seront reconnus malgré des dénégations aussi persistantes qu'elles sont peu fondées.

Que ces variations du nombre des malades soient inévitables, nous ne voulons pas le nier. Mais ce n'est pas tout de tendre philosophiquement le dos à l'orage, il vaut mieux s'en garer. Nous croyons qu'on peut se mettre à l'abri de l'excès de population qui envahit les hôpitaux à de certaines époques ; nous nous expliquerons plus loin sur ce point.

Nos salles d'hôpital renferment un très-grand nombre d'individus atteints d'affections sans gravité ni durée. Ce nombre peut être évalué au quart ou pour le moins au cinquième des malades traités chaque année dans les hôpitaux généraux (non spéciaux à une maladie). Ils n'ont besoin ni d'une médication exceptionnelle, ni de soins assidus, ni d'appareils dispendieux, ni d'opérations délicates, ni des lumières d'un médecin savant et habile. Non, leur maladie est très-simple, très-facile à reconnaître; elle guérira sous l'influence des soins les moins compliqués, mais cela demandera quelques jours d'inactivité, quelques jours sans gain; ce seraient des jours sans pain. L'hôpital ouvre ses portes.

A côté de ces malades qui le sont à peine, il y en a d'autres très-dignes de compassion, mais qui occupent indûment une place à l'hôpital. Ce sont les incurables, les infirmes, ceux dont l'affection a une marche très-lente où les progrès tardent pendant des années. Les uns sont entrés à l'hôpital pour essayer de franchir ainsi la haute barrière de l'hospice. D'autres, accueillis par charité parce qu'on sent qu'ils sont impropres aux fatigues de la vie, accomplissent en un an ou deux une entière révolution à travers tous les hôpitaux de Paris. Quand le soleil brille et que la ville est en fête, ils s'échappent pour quelques jours, vivent d'une industrie improvisée, abusent souvent de leurs profits et de leur liberté

et reviennent au gîte, l'hôpital, un peu plus éclopés et plus souffrants qu'à leur sortie.

Au milieu des uns et des autres sont les vrais clients de l'hôpital atteints de maladies sérieuses pour lesquelles ils viennent demander à la bienfaisance et à l'art la guérison la plus prompte, l'intervention la plus décisive, les meilleures chances de retour à la vie active.

Tout cela est fatal avec l'organisation de nos hôpitaux. Que ferait-on de ce menuisier, de ce maçon, de ce cordonnier qui s'est coupé ou brûlé le doigt et qui ne peut plus manier le ciseau, la truelle ou l'alène? Que ferait-on de ce charretier ou de ce terrassier que sa grossière chaussure a blessé au pied? De celui-ci dont l'œil est rougi par le vent; de celui-là que la pluie a rendu tout frissonnant? On essaye de les traiter hors de l'hôpital, mais, s'ils insistent, s'ils n'ont pas de moyens de vivre, on les admet. On transforme pour eux l'hôpital en asile, en maison de refuge, et cela au grand préjudice de l'hôpital des malades graves.

Le même raisonnement, la même manière de faire s'appliquent aux malades incurables, chroniques et infirmes. Sans l'hôpital où le plus souvent ils ne trouvent ni la guérison ni le repos nécessaire, on ne saurait où les placer. L'attente est souvent longue avant que l'entrée à l'hospice soit accordée, et puis tous ne sont pas dans les conditions voulues pour le placement définitif. Les uns n'ont pas l'âge; d'autres n'ont pas un temps de résidence suffisant dans le département; d'autres enfin ne sont ni incurables ni infirmes; ce sont des malades chroniques, qui n'ont aucun droit à l'hospice. Quels que soient les motifs, pour tous ceux-là, l'hôpital est un pis-aller dont on use à regret sans doute, mais dont on continue à user.

Si l'idée dominante en matière d'hôpitaux est que ceux-ci sont destinés à l'assistance du pauvre malade, administrateurs et médecins sont inévitablement conduits à ouvrir trop souvent les portes de ces établissements à ceux qui n'ont guère d'autre profit à en tirer que d'y trouver la vie gratuite.

Sans doute il y a des villes où les hôpitaux, peu fréquentés, ont une étendue et des moyens financiers supérieurs à leurs besoins. Cela est regrettable et atteste l'imprévoyance des donateurs et fondateurs; mais de pareils hôpitaux peuvent sans inconvénient renfermer toutes les catégories de malheureux.

Il en est tout autrement dans les grandes villes et surtout à Paris. Sa population indigente a suivi une marche proportionnelle régulièrement décroissante depuis le commencement du siècle; mais comme la population générale s'est accrue de deux tiers, le chiffre total des indigents est en somme plus élevé qu'il y a soixante ans. Or les hôpitaux sont loin d'avoir opéré le même mouvement; leur accroissement a été beaucoup plus lent. Les augmentations apparentes ont souvent été l'occasion des réductions correspondantes indispensables. De sorte qu'il y a en réalité aujourd'hui plus de postulants à un lit d'hôpital qu'il n'y en avait auparavant, en admettant toutefois, ce qui nous paraît démontré, qu'un même nombre d'indigents fournit toujours à peu près le même nombre de malades.

En présence de ce nouvel ordre de faits, quel est le rôle de l'Assistance? Elle va, suivant sa donnée administrative, répartir le mieux possible le secours dont elle dispose; elle va l'étendre en cherchant à l'appliquer au plus grand nombre, à la totalité si c'est possible.

En cela, encore une fois, elle est dans son rôle, c'est sa tendance et son but. Mais si sa puissance en tout genre ne croît pas en même temps que les exigences auxquelles elle doit faire face, elle est fatalement condamnée à voir la valeur de son bienfait décroître en raison inverse du nombre de ceux qu'elle assiste.

Tout ce qui précède explique comment nos hôpitaux sont encombrés, et pourquoi il est très-difficile de faire cesser cet encombrement. Au reste, il faut s'entendre sur ce mot. Il ne veut pas dire qu'il y ait accumulation matérielle; chaque malade a un lit excellent, et les salles offrent au regard un aspect satisfaisant, néanmoins l'agglomération se traduit en résultats non équivoques. Nous disons alors qu'en dépit des apparences, il y a encombrement; ce sera plus aisé à comprendre après avoir étudié l'hygiène et la salubrité de l'hôpital.

III

Hygiène des hôpitaux. — Les réunions sont insalubres. — Insalubrité des hôpitaux. — Elle varie suivant la nature des malades. — Conditions de salubrité. — Dispersion. — Aération. — Moyens de les réaliser. — Capacité des hôpitaux. — Conclusion.

C'est aujourd'hui un fait incontestable que les grandes réunions

d'hommes ou d'animaux engendrent un état sanitaire compromettant pour ceux qui en font partie. Que ces réunions soient temporaires ou permanentes, accidentelles ou périodiques, peu compactes ou très-denses ; qu'elles aient lieu dans un local clos ou à l'air libre; qu'elles se composent d'individus sains ou malades, le résultat sera toujours de même nature. Les effets de l'agglomération ne tarderont pas à se faire sentir, en variant dans leur intensité et leur gravité suivant la forme des conditions initiales.

Le plaisir qu'on éprouve à marcher au grand air en sortant d'un amphithéâtre ou d'une salle de spectacle, l'avivement de la santé que la vie rurale produit après un long séjour dans les villes, les maladies variées et souvent violentes qui sévissent dans les armées, les camps, les caravanes, les casernes, les prisons, les navires, peste, typhus, choléra, dyssenterie, etc., tous ces faits sont du même ordre à des degrés divers et déposent dans le même sens.

L'industrie humaine s'applique à combattre ces influences fâcheuses ou terribles; elle y réussit chaque jour davantage : c'est la belle mission de l'hygiène publique qui a fait dans ce siècle les plus admirables et les plus utiles progrès.

Les hôpitaux ne sauraient échapper à cette loi commune des grandes réunions. Ils en sont justiciables tant à cause de l'agglomération que par la nature des individus réunis. Aux émanations habituelles des corps vivants, viennent se joindre les émanations spéciales de la maladie. L'agglomération se complique du séjour permanent des mêmes personnes dans les mêmes locaux. Enfin ces personnes elles-mêmes, débilitées par la souffrance, la diète, les privations antérieures, sont plus exposées que d'autres à subir l'influence délétère du milieu qui les entoure.

Ces faits généraux ne sont, que nous sachions, contestés par personne. On peut donc prévoir que si l'hôpital est bienfaisant sous certains rapports, il est à d'autres points de vue une source de dangers pour ceux qui le fréquentent. Ces dangers, pour le dire en passant, sont devenus l'un des principaux arguments employés pour combattre l'existence des hôpitaux. On suppose alors, ce que nous contestons de la façon la plus absolue, qu'ils ont acquis l'apogée de la perfection, et que cette perfection étant dangereuse, c'est que l'institution est mauvaise. Ce n'est pas l'institution, c'est l'exécution qui est sinon mauvaise, au moins très-imparfaite encore.

L'hygiène hospitalière a pour sujet le malade, et pour objet la création du milieu le plus favorable à sa guérison, c'est-à-dire des conditions dans lesquelles la marche naturelle de la maladie et sa cure ne sont entravées, traversées ou troublées par aucun élément étranger.

Les problèmes de l'hygiène hospitalière sont donc d'un ordre tout différent de ceux que se propose l'Assistance. L'Assistance secourt; l'hygiène favorise la guérison.

Pour atteindre ce but si désirable, ira-t-elle à l'aventure en quête de dispositions et de formules de caprice? Ce serait peu méthodique. L'esprit scientifique moderne a depuis longtemps répudié ce procédé. Il veut qu'avant toute explication, toute recherche ultérieure, les faits soient d'abord reconnus et étudiés dans tous leurs détails.

L'hygiène publique n'est devenue une science que depuis le dernier siècle, après qu'on eut recherché le mouvement de la population ou des populations spéciales, l'influence des professions, des saisons, etc.; après qu'on eut, en un mot, fixé le champ de l'observation. De même, l'hygiène hospitalière n'a eu de valeur que du jour où Tenon jeta les premières bases des investigations statistiques sur les résultats des traitements par l'hôpital.

Cette méthode, la seule qui fournisse des renseignements certains, a depuis lors éclairé de vives lumières bien des points de la pratique hospitalière. Souvent négligée ou appliquée hâtivement à des relevés insuffisants ou inexacts, elle laisse encore beaucoup de questions à résoudre. Néanmoins les résultats acquis nous permettent de comparer actuellement, sans crainte d'erreur, les hôpitaux soit entre eux, soit avec le traitement médical privé.

Ces comparaisons ont conduit les observateurs à reconnaître que les hôpitaux sont le théâtre de certaines évolutions morbides dont l'allure et la propagation ne se remarquent guère en dehors de ces établissements.

Ainsi les hygiénistes, médecins et chirurgiens, constatent que la contagion compte à l'hôpital de trop nombreuses victimes. Quelque nom qu'elle porte, variole, scarlatine, croup, érysipèle, etc., elle trouve là un terrain tout préparé. Tel convalescent d'un rhumatisme ou d'une fièvre typhoïde succombe à une autre maladie gagnée dans la salle. Il guérit de la maladie du travail et est terrassé par celle

de l'hôpital, ou s'il en réchappe c'est après un nouveau et long séjour, onéreux pour l'assistance et ruineux pour lui.

Les hygiénistes constatent avec douleur que les femmes en couches donnent dans tous les hôpitaux de Paris, de la France ou de l'étranger une mortalité effroyablement supérieure à celle de la pratique privée. Chose étrange et frappante, prenez la pauvre femme des campagnes, qui accouche presque seule, sans aide, sans soins, sans repos; prenez la pauvre femme des villes, dépourvue de tout, mal nourrie, peu vêtue, pas chauffée; elles ont *dix fois*, *quinze fois* plus de chance de guérir que la cliente de l'hôpital. Terrible puissance du miasme engendré par la réunion de certains malades !

Les hygiénistes constatent encore que la chirurgie hospitalière se heurte à chaque instant contre des difficultés presque inconnues hors des hôpitaux. Les maladies nosocomiales, infection purulente, infection putride, érysipèle, diphthérite viennent compliquer les plaies et les blessures. Telle opération conservatrice au dehors est mortelle à l'hôpital; telle autre, sans causer la mort, échoue cependant, parce que la guérison est traversée par un accident qui trouble la marche naturelle. De telle sorte qu'il y a une chirurgie spéciale aux hôpitaux, craintive, incertaine quelquefois, toujours réservée, parce qu'elle doit compter avec trois éléments au lieu de deux : le malade, le chirurgien et l'hôpital.

Ces faits ne se produisent pas toujours et partout de la même manière. Leur intensité varie suivant un bon nombre de circonstances qui toutes méritent d'être prises en considération, car elles sont la clef des progrès à accomplir. Ainsi, là où les individus atteints de maladies contagieuses ne sont point admis, ou bien encore lorsqu'ils sont isolés dans des bâtiments éloignés des autres malades, les cas de contagion sont nuls ou rares. Dans les Maternités, où les femmes en couches sont très-dispersées, peu nombreuses, très-bien installées, les résultats sont beaucoup meilleurs, sans jamais valoir ceux du dehors. De même encore les conditions variables des services de chirurgie retentissent directement sur la fréquence et la facilité des guérisons.

Ce dernier point a été contesté très-vivement dans ses conséquences par notre administration de l'Assistance publique pour ses hôpitaux.

Ce n'est pas le lieu, et nous n'aurions pas l'espace nécessaire

pour aborder à nouveau cette discussion [1], qui ne peut se soutenir qu'avec des faits nombreux et des chiffres. Nous considérons comme démontré que dans les hôpitaux en général, et en particulier dans ceux de Paris, des affections nosocomiales graves ou légères compromettent fréquemment d'une manière plus ou moins funeste les traitements chirurgicaux les mieux dirigés.

Étant donc établi ce point que les dispositions et l'aménagement d'un hôpital influent sur la guérison des malades, recherchons quelles sont les conditions favorables et défavorables et comment on peut constituer en fin de compte le meilleur milieu hygiénique.

Nous avons la conviction arrêtée que si on ne peut donner à l'hôpital une salubrité égale à celle de l'habitation privée, on peut cependant annihiler la plupart de ses inconvénients sanitaires en proportionnant rigoureusement ses dispositions au but qu'on se propose, c'est-à-dire à la nature des malades qui doivent y être traités.

Au premier abord, cette proposition ressemble à une naïveté, et nous voyons d'ici administrateurs et architectes s'écrier à l'envi que toujours les programmes des uns et les œuvres des autres ont été dictés par les besoins des malades. Rien n'est moins vrai cependant. Bien rarement on s'est avisé de loger d'une manière spéciale les blessés, les opérés, les femmes en couches, les individus atteints de maladies infectueuses. À Paris nous ne connaissons que trois édifices construits sous l'empire de ces idées. Les deux premiers remontent à Henri IV et à Louis XIII, ce sont : l'hôpital Saint-Louis, destiné aux maladies contagieuses, et l'hôpital des incurables femmes ; le dernier, tout récent, est la nouvelle Maternité, élevée dans les terrains de l'hôpital Cochin. Dans ces trois cas, l'hôpital, plus ou moins bien réussi, a été bâti pour les exigences particulières d'une catégorie déterminée de malades. Mais partout ailleurs, qu'il s'agisse d'anciens couvents transformés en hôpital ou d'hôpitaux neufs, le même mode d'habitation est employé pour tous les malades, et cette faute est commise non-seulement à Paris et en France, mais dans presque tous les pays. Si on avait mieux lu et mieux compris les travaux de Tenon, que

[1] *Bulletin de l'Académie de médecine*, 1862. — *Discussion sur l'hygiène et la salubrité des hôpitaux à la Société de chirurgie.* — Broch. in-8, 1865

tout le monde cite comme parole d'Évangile, on y aurait vu que l'hôpital en toutes ses parties doit être adapté aux besoins des malades; or, comme ces besoins varient avec la nature des maladies, leur satisfaction doit varier de même. Malgré l'évidente rigueur de ce raisonnement, malgré la vérité de sa prémisse, on a presque toujours sauté à pieds joints par-dessus la conséquence et on y sautera sans doute longtemps encore.

Qu'une atmosphère pure soit nécessaire aux hôpitaux et aux malades, c'est un point sur lequel tout le monde s'accorde. Mais quand on vient à demander ce que c'est qu'une atmosphère pure et comment il faut s'y prendre pour la constituer et l'entretenir, alors l'accord cesse : les uns se montrent satisfaits à bon marché, les autres plus exigents et réellement difficiles à contenter.

En effet, cette question est embarrassante : pendant longtemps on a cherché à la résoudre par les procédés directs de la chimie. On a calculé quelle quantité d'air consomme chaque individu par heure et par jour. On a estimé le degré d'altération qu'il fait subir à l'air ambiant et on a conclu approximativement qu'il fallait lui fournir un volume déterminé d'air respirable. Ce procédé n'a donné, malgré sa rigueur apparente, que des résultats trompeurs, parce que l'analyse chimique n'est pas encore arrivée à isoler et doser tout ce qui peut altérer la pureté de l'air et à compromettre les fonctions de ceux qui le respirent. Jamais jusqu'ici on n'a fixé dans l'éprouvette ou le verre à expérience la chose, pour n'employer aucune expression erronée, qui transmet les maladies contagieuses. Le procédé est donc insuffisant et par conséquent trompeur si on lui demande une solution absolue.

Suivant nous il n'y a aujourd'hui qu'une seule méthode à suivre pour apprécier la pureté d'une atmosphère au point de vue hygiénique. C'est d'interroger les résultats en ayant soin toutefois, et c'est là le point délicat, de ne pas attribuer à l'atmosphère des effets qui doivent être attribués à une autre cause. Ainsi on ne dira pas que l'homme, succombant à la faim, au froid, à une blessure mortelle ou à une maladie grave par elle-même, subit l'influence d'une mauvaise atmosphère; mais en revanche, chaque fois que dans une agglomération on verra la contagion ou l'infection régner fréquemment ou d'une manière permanente, avec des exacerbations qui revêtent le caractère épidémique, chaque fois qu'on verra se produire des maladies particulières ou bien

des aggravations redoutables de maladies habituellement bénignes, alors on sera en droit de penser que l'atmosphère pèche en quelque façon, qu'elle est ou insuffisante, ou viciée, ou trop stationnaire, ou enfin qu'elle présente tous ces défauts réunis.

Que faudra-t-il faire pour se mettre à l'abri de ces menaçantes éventualités? Suffira-t-il de donner aux salles d'hôpitaux de grandes dimensions et de placer ces hôpitaux eux-mêmes dans des espaces découverts? Pour quelques-uns cela suffit. Sans considérer le nombre de malades réunis, ni leur rapprochement relatif, ni la disposition des bâtiments, croyant qu'on peut impunément renoncer à la lumière du soleil, remplacer le mouvement naturel de l'atmosphère par un ventilateur, l'espace par des superpositions d'étages, ils sont prêts à donner leur sanction à des dispositions d'hôpitaux où, depuis trente-cinq ans, une mortalité absolument stationnaire semble indiquer que l'œuvre hospitalière n'a fait depuis lors aucune conquête sur la maladie et la mort.

D'autres, et nous sommes du nombre, croient que les solutions partielles sont mauvaises, et qu'on ne saurait poursuivre trop complétement et avec trop de soins le but définitif de l'hygiène hospitalière, la neutralisation des influences nosocomiales. Ils voudraient l'atteindre par tous les moyens réalisables et lui subordonner toutes les autres considérations.

Partant de ce principe général que, *toutes choses égales d'ailleurs*, la vitalité d'une population quelconque est en raison inverse de sa densité, et de cet autre principe plus restreint, qu'à l'hôpital la contagion et l'infection sont les deux manifestations les plus tangibles de la viciation atmosphérique, ils concluent que l'indication générale est d'assurer à chaque malade, suivant ses besoins variables, une abondante atmosphère, facile à renouveler librement et puisée elle-même dans un milieu salubre.

Cette triple donnée comporte des dispositions relatives à l'espacement des malades entre eux, à la circulation de l'air, au choix de l'atmosphère générale.

Le volume d'air qui entoure un malade doit être tel que sa respiration soit largement pourvue et que ses émanations fonctionnelles ou morbides soient tellement diluées dans la masse, qu'elles perdent toute influence pernicieuse. C'est par voie de tâtonnement qu'on peut déterminer la mesure de ce volume qui doit d'ailleurs être proportionné à la puissance infectieuse de chaque catégorie

de malades. On pensait autrefois que vingt à trente mètres cubes étaient une bonne ration; l'expérience a montré que ce chiffre est insuffisant et cinquante mètres sont généralement adoptés. Il est infiniment probable qu'il faut beaucoup plus d'espace pour les blessés, les opérés, les femmes en couches, les typhiques, etc.

Mais ce volume d'air, est-il indifférent qu'il soit obtenu par une très-grande hauteur des salles, ou bien par une hauteur moindre et une plus large surface? L'induction et l'expérience s'accordent à montrer qu'il faut surtout rechercher l'espacement en surface; les caravanes, les camps et les hôpitaux temporaires établis dans des édifices très-élevés comme les églises, témoignent que, dans de pareilles conditions, les maladies infectieuses peuvent faire de grands ravages pour peu que le rapprochement des individus soit trop considérable. Une observation analogue peut être faite dans quelques-uns de nos hôpitaux de Paris. La plupart d'entre eux ont des salles trop petites, quelquefois beaucoup trop petites, pour le nombre de malades qu'elles contiennent; mais à Saint-Louis, par exemple, dans les salles du premier étage, plus de soixante-dix-huit mètres cubes sont alloués à chaque lit. Néanmoins, les services de chirurgie sont loin d'ètre dans de bonnes conditions sanitaires; les complications miasmatiques y sont fréquentes. Cela provient en grande partie, de ce que le volume d'air est obtenu par une élévation considérable, tandis que les lits sont trop rapprochés les uns des autres.

Sans insister davantage sur ce point qui a été développé dans les enceintes académiques, remarquons que le sentiment de malaise que nous éprouvons dans les foules, que le niveau de la température toujours plus élevée, et surtout en hiver, dans les villes qu'en plein champ tiennent précisément à ce que les émanations humaines et animales s'épanouissent beaucoup plutôt en surface qu'en hauteur, de telle sorte qu'en pleine nuit et au milieu de nos plus larges places la température et la qualité de l'air attestent encore la présence des habitants voisins.

Les faits qui précèdent conduisent à limiter autant que possible le nombre des étages superposés dans un hôpital; car en définitive, placer, deux, trois, quatre salles les unes sur les autres, c'est doubler, tripler, quadrupler le nombre des malades qu'on réunit dans une même superficie. Le mieux serait sans doute de n'avoir qu'un rez-de-chaussée; deux étages valent moins; les

trois étages qui existent dans la plupart de nos hôpitaux dépassent très-probablement la juste mesure hygiénique; on peut affirmer aujourd'hui que quatre étages seraient détestables.

Quel que soit le volume d'air affecté à chaque malade, si cette atmosphère ne se renouvelle pas par une circulation quelconque, la salubrité ne se maintiendra pas. Ce mouvement du milieu atmosphérique est une condition tellement importante, que tous ceux qui étudient les constructions hospitalières s'en préoccupent; mais il s'en faut qu'ils s'accordent sur les moyens à employer pour l'obtenir.

Presque tous reconnaissent l'utilité de fenêtres occupant à peu près toute la hauteur des salles et placées entre chaque lit sur chaque face du bâtiment; cette disposition produit une lumière vive et gaie et permet pendant toute la belle saison d'aérer la salle par le procédé le plus simple et le plus complet. Quelques médecins en France et un très-grand nombre à l'étranger vont même jusqu'à préconiser l'ouverture permanente des fenêtres et ce procédé étrange au premier abord paraît avoir beaucoup plus d'avantages que d'inconvénients. S'il pouvait se généraliser, beaucoup de questions difficiles se trouveraient résolues.

A défaut de l'aération naturelle (par les fenêtres) qui, dit-on, n'est pas toujours possible et n'est pas entrée dans les habitudes, on a depuis longtemps songé à la ventilation artificielle.

La foi de quelques personnes est si vive dans la toute-puissance de ce moyen, qu'un auteur, M. le docteur Félix Achard, ne craignait pas de proposer récemment de construire dans la cité, à la place du futur Hôtel-Dieu, un *hôpital hygiénique* de 1440 lits à la condition d'y installer la ventilation renversée qui n'est qu'une forme de la ventilation par appel. L'expérience n'ayant pas été tentée, nous n'avons pas à nous prononcer sur cette surprenante proposition.

Sans être aussi convaincus, beaucoup d'ingénieurs, d'architectes, d'administrateurs croient que la ventilation artificielle peut suppléer à l'insuffisance de l'espace intérieur des salles ou de l'aération extérieure. Théoriquement, rien ne paraît plus admissible, le renouvellement abondant de l'air devrait maintenir celui-ci à un état de pureté suffisant. Cependant la pratique et l'expérience n'ont jusqu'ici pas répondu à ces prévisions. On peut bien constater que la ventilation artificielle permet de fournir à la respi-

ration d'individus réunis dans un local clos, un air normal quant à sa composition et maintenu à une température donnée, mais on n'a pas observé que cet air eût la propriété d'emporter ou même d'atténuer les miasmes infectieux. Nos hôpitaux ventilés n'offrent sous ce rapport aucun avantage sur ceux qui ne le sont pas ; et même quelques-uns, comme l'hôpital Lariboisière, leur sont très-inférieurs pour le résultat des grandes opérations et la mortalité des femmes en couches. C'est au point que nous pouvions dire publiquement il y a un an, en parlant de la ventilation artificielle : « Je défie qu'on cite aujourd'hui un seul résultat de salubrité (dans les hôpitaux) qui puisse lui être attribué. »

Ces faits nous paraissent témoigner que la ventilation artificielle qui n'a, d'ailleurs, pas d'autre inconvénient que d'être coûteuse et irrégulière, ne saurait remplacer aucune condition de volume d'air, d'espacement et d'aération naturelle. Cette opinion est celle de l'immense majorité des médecins qui, opposant les résultats hospitaliers aux présomptions de la théorie, ne voient guère pour la ventilation artificielle que des usages restreints à certains locaux : offices, cuisines, corridors, etc.

L'air qui pénètre les salles d'un hôpital vient nécessairement des espaces libres les plus voisins. Si l'hôpital est petit, s'il consiste en un seul bâtiment l'air viendra de la rue, de la place, du quinconce, du champ où est placé le bâtiment ; si l'hôpital comporte par son étendue des constructions multipliées, l'air des salles viendra immédiatement de l'intervalle des bâtiments et médiatement des espaces ambiants. Il y a donc un haut intérêt à ce que cet air extérieur soit pur et puisse se renouveler très-facilement. La pureté est à peu près exclusivement une question de situation, mais le renouvellement est lié à la forme des constructions.

Quels sont les deux agents principaux de dépuration et de circulation des couches atmosphériques ? La pluie et le vent. La pluie qui lave l'air, le sol, les murailles, entraîne toutes les substances solubles et beaucoup de celles qui ne le sont pas ; le vent qui porte au loin l'atmosphère fatiguée des villes sur les forêts qui la filtrent et l'épurent, le vent qui déplace en les mélangeant toutes les couches d'air incessamment composées et décomposées.

Il est donc parfaitement indiqué que les constructions d'un hôpital soient disposées de façon à bénéficier le plus possible de ces

deux agents naturels. A l'étranger, en Angleterre et en Amérique, surtout pendant la dernière guerre, les constructeurs d'hôpitaux ont étudié avec la plus grande attention les dispositions d'édifices les plus favorables au passage des vents, à l'action de la lumière et de la pluie.

Pour peu qu'on veuille y réfléchir on arrivera vite à cette opinion, qu'au point de vue de l'aération extérieure la meilleure forme d'hôpital, c'est un bâtiment rectangulaire unique et bien exposé sur ses deux faces.

Si cette donnée est vraie, si elle est bien la formule à la fois la plus simple et la meilleure, il en résulte qu'on devra l'appliquer dans sa simplicité chaque fois que ce sera possible et s'en rapprocher autant que faire se pourra dans tous les autres cas.

Cela a été bien compris par la savante commission qui a rédigé le rapport anglais sur les hôpitaux militaires et les casernes[1]. Le plan de ces hôpitaux régimentaires consiste en un seul bâtiment pouvant contenir 60, 90 ou 120 lits. A ce point de vue, certains hôpitaux américains permanents ou temporaires, et ceux-ci parfois très-vastes, ne sont pas moins satisfaisants.

En France, beaucoup d'hôpitaux construits à une époque reculée offrent des dispositions contraires à une bonne aération extérieure. Ils circonscrivent des cours plus ou moins bien fermées sur leurs quatre faces. Quelquefois l'un des côtés reste complétement ouvert ou bien les bâtiments représentent un T ou une H.

Il n'y a aucune objection à faire pour ces hôpitaux dont la fondation appartient à des temps où l'hygiène ne préoccupait guère les constructeurs.

Mais il est vraiment bizarre qu'en présence des exemples utiles et répétés que nous donne l'étranger, en présence du nombre considérable des opinions concordantes qui se manifestent sur ce point, nous persistions à attacher si peu d'importance à l'aération extérieure des bâtiments, ou du moins à exécuter de si mauvaises dispositions pour l'obtenir.

C'est que dans notre pays, il faut bien le dire, les hôpitaux

[1] *Generàl Report of the Commission appointed for improving the sanitary condition of barracks and hospitals*, 1861, by W. H. Burrel, Dr Sutherland, cap. Douglas Galton.

étant surtout des édifices administratifs, les conditions d'économie (presque toujours mal entendue), de surveillance et de service prennent le pas sur les conditions d'hygiène. Ainsi nous lisons dans un programme d'hôpital rédigé en 1853 par l'administration parisienne, ces mots soulignés : *l'architecte devra chercher non le fractionnement des malades, mais la centralisation de la surveillance et du service.*

Or comme nos hôpitaux sont populeux et comme on cherche à centraliser le service, on est amené à atténuer autant qu'on peut les intervalles des bâtiments qui ne sont que des espaces perdus, des distances inutiles, *au point de vue du service.*

D'ailleurs la doctrine que nous défendons, la nécessité d'une large aération extérieure a été niée résolûment. M. le professeur Tardieu disait tout récemment au conseil municipal[1] : « Nous ne saurions le dire trop haut et avec trop de conviction, ce n'est pas le chiffre total des malades admis dans un hôpital qui importe ; c'est la manière dont ils y sont placés et traités. Le danger qu'il faut redouter, c'est la viciation de l'air par l'encombrement ; et chaque jour le Conseil municipal condamne des logements insalubres dans des maisons spacieuses et saines, sachant fort bien que ce n'est pas dans l'ensemble et le voisinage, mais dans la localité elle-même que se trouvent les causes réelles de l'insalubrité par défaut d'air et par encombrement. »

Voilà qui est clair : construisons des hôpitaux sombres et compactes comme des prisons. Pourvu que les salles soient grandes et que les malades aient de la place à l'intérieur, n'ayons souci du reste, *car ce n'est pas dans l'ensemble* que se trouvent les causes réelles d'insalubrité. Dangereuse erreur contre laquelle protestent à la fois les résultats de l'expérience et ceux de l'induction la plus sévère !

Nous avons exposé ailleurs les motifs pour lesquels l'aération extérieure est entravée et défectueuse à l'hôpital Lariboisière[2] qui cependant présente au premier aspect de bonnes dispositions ;

[1] Rapport au Conseil municipal sur le projet du nouvel Hôtel-Dieu. — 24 mars 1865, par M. Amb. Tardieu

[2] Discussion de la Société de chirurgie. — *Loc. cit.*

nous ne saurions *a fortiori* accepter comme compatibles avec l'hygiène la présence des nouveaux bâtiments de l'hôpital de la Charité qui ont pour résultat de clore complétement deux cours de cet établissement ; nous ne saurions accepter non plus la disposition du futur Hôtel-Dieu ayant à son centre une cour longue et étroite fermée de toutes parts, et sur ses côtés une série de cours ouvertes sur une seule face. En vertu de quelle puissance veut-on que l'atmosphère se meuve à travers de pareils obstacles ? Il y aura de l'air sans doute dans ces cours closes ou demi-closes, mais cet air s'y emmagasinera sans modification sensible, sans renouvellement possible.

Ainsi que nous l'avons indiqué plus haut, la forme de bâtiments et la disposition que nous voudrions voir adopter, celle qui nous semble la plus favorable à l'aération extérieure large et facile, c'est le bâtiment rectangulaire simple, ou s'il est insuffisant, les bâtiments rectangulaires simples, complétement isolés, parallèles et séparés par de larges intervalles de soixante à cent mètres.

De pareilles dispositions sont-elles possibles si l'hôpital doit contenir six ou huit cents malades? Rien ne s'y opposerait d'une manière absolue si le terrain offrait une étendue suffisante; mais on voit de suite combien les diverses parties de l'hôpital deviendraient distantes et quelles réelles difficultés résulteraient de ces intervalles de plusieurs centaines de mètres.

Aussi raisonnant sur ce double fait que des hôpitaux populeux et salubres nécessitent un grand développement, et que d'autre part les hôpitaux populeux et centralisés pour les besoins du service ne sont pas favorables à l'aération parce que leurs bâtiments doivent forcément se replier sur eux-mêmes et circonscire des espaces plus ou moins clos, arrivons-nous à cette conclusion que les hôpitaux de trois à quatre cents lits sont préférables comme disposition des bâtiments.

D'ailleurs l'étude comparée des résultats opératoires des endémies et épidémies hospitalières dépose dans le même sens et prouve à tous les esprits non prévenus qu'en définitive la guérison des mêmes maladies s'obtient plus fréquemment et plus sûrement dans des hôpitaux petits que dans les grands.

Au reste, à part quelques rares dissidences administratives ou gouvernementales, l'opinion des hygiénistes semble fixée à cet égard, et nous pourrions faire valoir ici les nombreux témoignages

émanés, en France ou à l'étranger, des commissions et conseils d'hygiènes, des sociétés savantes et des auteurs qui ont écrit sur le sujet.

En effet les arguments allégués en faveur des grands hôpitaux sont bien peu faits pour entraîner la conviction. On peut les ranger sous deux chefs. D'abord on cherche à prouver que petits et grands hôpitaux sont égaux devant la mort qui prélève le même tribut dans les uns et les autres ; puis on invoque des motifs d'économie dans les frais de gestion et de premier établissement.

Outre que ces arguments sont incomplets puisqu'ils laissent à l'écart la disposition des bâtiments, connexe, ainsi que nous l'avons dit, du nombre des lits réunis, ils pêchent par l'exactitude. Il ne faudrait pas pour suivre les règles d'une saine logique comparer des hôpitaux-hospices avec de vrais hôpitaux, des petits hôpitaux encombrés on mal installés avec de grands hôpitaux mieux organisés [1]. Enfin c'est ici le lieu de répéter ce qui a été dit tant de fois et avec tant de raison, les statistiques générales de mortalité ne prouvent rien ou presque rien quant à la salubrité des hôpitaux ; ce qui est probant, c'est la statistique des complications ou des décès qui troublent ou terminent les maladies curables avec une fréquence plus ou moins grande dans les divers hôpitaux et hors des hôpitaux. Or ces sortes de relevés, quoique peu nombreux encore, offrent tous une concordance parfaite en faveur des asiles restreints.

Quant aux motifs d'économie, ils ne supportent pas le plus léger examen. Si le terrain à construire ne coûtait rien ou coûtait toujours et partout le même prix, si la construction avait la même valeur proportionnelle pour cent ou cinq cents malades, on pourrait parler d'économie ; mais quand on songe que l'hôpital Lariboisière (630 lits) a coûté plus de 17,000 fr. par lit, que l'Hôtel-Dieu (800 lits) en coûtera 30 ou 40,000, tandis que l'hôpital Cochin (bâti pour 38 lits), l'hôpital de Gisors (tout récents 60 lits) et celui de Blackburn (nouveau aussi, 150 lits) coûtent tous moins de 5,000 fr. par lit, toutes dépenses comprises, on se demande quelle signification il faut donner au mot économie

[1] Davenne, *Organisation et régime des secours publics en France*, t. II, chap. III.

et quelle force d'habitude est nécessaire pour ressasser des axiomes si énergiquement contredits par les faits ! La vérité voudrait qu'on dît : Un hôpital coûte proportionnellement d'autant plus cher à bâtir qu'il est plus vaste, et nous ajouterions, ce dont on peut se convaincre par les comptes rendus de l'Assistance publique de Paris, qu'à six cents, quatre cents ou trois cents lits, les frais de gestion n'offrent pas de différence sensible.

Nous pouvons être bref sur un dernier point, la situation qu'il convient de choisir pour un hôpital. Faut-il de longues démonstrations pour établir qu'à conditions égales on se porte mieux à la campagne que dans les villes, que l'air y est plus pur, plus renouvelé ? Faut-il ajouter que le séjour à la campagne est parfois un médicament, et toujours un adjuvant efficace ? Si on accorde cela, il en faut conclure que la situation de choix des hôpitaux serait la campagne. Que cette situation soit toujours accessible, ou qu'elle ne le soit jamais, ainsi que le croient la plupart de nos administrateurs, ce n'est pas une question d'hygiène mais bien d'organisation. En cela comme en beaucoup de choses, il faut dire : Ni jamais ni toujours, mais le plus souvent possible.

Si la nécessité impose un emplacement urbain, il faut choisir ce qui ressemble le plus à la campagne, le confin des villes, le voisinage des espaces découverts, des parcs, des jardins et fuir les localités basses, populeuses ou occupées par l'industrie.

Pour être complets, il nous faudrait exposer les nombreux moyens d'évacuation nécessaires au maintien de la salubrité, mais nous aurions à entrer ici dans des descriptions techniques qui nous entraîneraient hors des limites de cet article. D'ailleurs sous ce rapport les plus grands progrès ont été accomplis depuis peu dans les pays avancés, et si nous avons critiqué certaines tendances de notre administration de l'Assistance publique, c'est un devoir pour nous de reconnaître qu'elle apporte dans l'étude de ce qu'on pourrait nommer l'outillage ou la machinerie hospitalière un zèle et une habileté pour lesquels nous ne marchandons pas l'éloge.

En résumé, si on croit que le but de l'hôpital est de guérir dans le temps le plus court la plus grande proportion de malades, si on envisage le problème au point de vue curatif, le plus important de ceux qui doivent guider l'assistance hospitalière, on

arrive à cette conclusion qu'une bonne installation d'hôpital comporte : une atmosphère extérieure aussi pure que possible, un petit nombre de bâtiments simples, droits, largement séparés, baignés d'air et de soleil, des salles claires, tranquilles, pas très-grandes mais proportionnellement spacieuses, enfin des moyens de dégagement et de départ fonctionnant parfaitement.

Un tel hôpital contenant normalement un nombre restreint de malades (2 à 400) ne devrait *jamais* admettre aucun excédent de population sous peine de voir les conditions sanitaires s'atténuer en proportion de l'excès.

IV

Moyens de concilier les nécessités de l'assistance et celles de l'hygiène. — Hôpitaux de traitement. — Hôpitaux-asiles ou hospices temporaires. — Traitement externe — Conclusion, l'hôpital institution de prévoyance.

Ce programme que nous avons esquissé plutôt que développé, est-il réalisable et compatible avec les exigences de l'assistance hospitalière en général, et en particulier avec celle de l'Assistance publique de Paris ?

Qu'il soit réalisable, ce n'est pas douteux; il l'a déjà été plus ou moins complétement un certain nombre de fois en France et à l'étranger, mais il reste la question de savoir s'il est compatible avec l'organisation actuelle de l'assistance hospitalière de Paris.

Faut-il penser que ce serait la condmnation et la ruine du traitement nosocomal, que cet idéal impossible à atteindre ne peut se concilier avec les conditions impérieuses que la situation actuelle de l'Assistance publique lui impose [1] ; faut-il croire que l'hôpital doit continuer, comme par le passé, à satisfaire à *tous les besoins de la population pauvre sans tenir compte de l'étendue des ressources ni des moyens de placer convenablement les malades* [2] ?

Eh ! quoi, dirons-nous à nos administrateurs, vous reconnaissez vous-mêmes que vos hôpitaux sont encombrés, vous dites que pour les ramener à des limites normales il faudrait y supprimer cinq à six cents lits, vous ajoutez que ce sont les obligations sacrées

[1] Tardieu, Rapport au Conseil municipal. — *Loc. cit.*
[2] Blondel et Ser, Rapport sur les hôpitaux de Londres, 1862.

de l'assistance publique qui vous imposent de donner asile à tous les malheureux et de créer ainsi un encombrement préjudiciable, et vous ne vous êtes pas encore avisés de pourvoir séparément à la guérison des malades et à l'assistance des pauvres, vous vous êtes laissés aller à cette pernicieuse illusion de vouloir remplir deux indications distinctes avec un même instrument, et, prenant ainsi le problème par son côté insoluble, vous arrivez à cette conclusion que la conciliation d'une hygiène parfaite et d'une large assistance constitue une impossibilité.

Négligeant ce fait capital que les exigences ne sont pas les mêmes pour tous les malades, confondant sous ce titre des classes d'individus très-diverses au point de vue des besoins hygiéniques, accolant le valétudinaire souffrant au malade qui réclame à la fois toutes les ressources de la science et toutes celles d'un traitement bien pourvu, vous êtes effrayés du surcroît inaccessible de dépenses qu'occasionneraient les installations que nous avons préconisées, si on les étendait à tous vos hôpitaux.

Mais n'êtes-vous pas frappés de cette coïncidence nécessaire que : tandis que l'encombrement des malades compromet leur guérison, votre système compromet l'économie de vos finances. Vous secourez en effet dans les mêmes établissements, avec le même personnel, par les mêmes procédés et avec les mêmes dépenses, ce malade qui n'a besoin que d'un asile et d'un peu de nourriture et cet autre qui réclame de vous le luxe de l'espace (et c'en est un grand dans notre ville de Paris), un long séjour et des frais de toute nature. A l'un vous donnez trop, à l'autre pas assez. Là est l'indication.

Construisez pour les uns, peu exigeants et très-nombreux, aux limites de la ville ou mieux hors de son enceinte, des asiles simples et suffisamment vastes pour vous mettre toujours à l'abri de ces variations saisonnières auxquelles il est aujourd'hui si difficile de faire face. Donnez à ces asiles une capacité supérieure à leur effectif normal et placez-y tous les indigents qui requièrent de vous l'*assistance pendant la maladie.*

Pour les autres au contraire, pour ceux qui espèrent trouver à l'hôpital une guérison difficile, pour ceux qui ont à traverser les périls d'une affection grave, pour ceux qui ont besoin d'être veillés jour et nuit, qui ne trouveraient nulle part ailleurs vos médicaments, vos infirmières, vos appareils dispendieux, votre corps

médical, réservez-leur des hôpitaux tellement irréprochables que jamais on ne les puisse soupçonner d'être pour quelque chose dans la terminaison fâcheuse ou fatale d'un traitement quelconque.

Telle est, résumée sons une forme aussi brève que possible, la base des idées que nous voudrions voir adopter par notre administration de l'Assistance publique. Elle peut se caractériser par deux mots : séparation, appropriation. C'est le signe de toute organisation complète.

Ces mesures seraient-elles profitables aux malades légers ou graves? Comment en douter. Les uns trouveraient à l'hôpital urbain tous les secours de la thérapeutique et toutes les sécurités de l'hygiène la plus prévoyante ; les autres, à la campagne, des conditions d'hygiène au moins égales et une thérapeutique suffisante.

On a objecté que le transport des malades à la campagne est impossible. Remarquons d'abord que ces malades ne sont pas gravement frappés ; ils viennent à pied à l'hôpital et souvent ils font de longues courses pour obtenir dans un établissement la place qu'on n'a pu leur donner dans un autre. Ensuite quelle impossibilité y a-t-il à placer les asiles à proximité d'un chemin de fer, quelle impossibilité de conclure avec ce chemin de fer un marché de transport à prix réduit et même de transport jusqu'au centre de l'établissement ? Serions-nous, à cet égard, plus empêchés que les Anglais?

On ne peut le croire. Il n'y a vraiment là aucune impossibilité. Ce n'est pas dans les idées actuelles, voilà tout, et comme il est dans la nature humaine de déclarer impossible ce qu'on ne sait pas ou ce qu'on ne veut pas faire, on affirme que les hôpitaux ruraux et dépendant d'une grande ville comme Paris sont impossibles. On y viendra sûrement le jour où on aura avoué qu'il est insensé de mal loger les clients de l'hôpital sur des terrains à mille francs le mètre.

Après ce que nous avons dit de l'assistance, de ses exigences et de son fonctionnement, il est inutile de revenir sur la distinction à établir entre le véritable hôpital et l'hôpital-asile que nous placerions à la campagne. Le premier appartiendrait avant tout au traitement, le second à l'assistance ; entre les deux existerait un lien naturel, ils se compléteraient l'un par l'autre et les

malades pourraient, suivant les circonstances, passer de l'un dans l'autre, comme ils passent aujourd'hui de l'hôpital à l'asile de convalescence.

Cette solution serait-elle économique? Elle aurait sûrement pour résultat d'accroître dans une assez forte proportion, les frais de traitement pour les vrais hôpitaux, mais ce serait une dépense productive dans le sens du but poursuivi, et elle s'appliquerait à un nombre restreint de malades. Tandis que pour les hôpitaux-asiles, il y aurait une diminution correspondante portant sur les frais d'installation et les dépenses journalières d'un beaucoup plus grand nombre d'individus.

On peut s'en rendre compte aisément. Le lit d'hôpital a coûté à établir à Lariboisière plus de 17,000 fr.; à l'Hôtel-Dieu futur il coûtera plus de 30,000 fr. Quand elle voudra, l'Administration de l'assistance publique fera bâtir, à quelques kilomètres de Paris et suivant des plans déjà exécutés par elle, des asiles où le lit reviendra à 3 ou 4,000 fr. Elle installera cinq cents malades pour 2 millions, tandis qu'aujourd'hui elle en emploie dix ou quinze pour arriver à ce résultat dans de mauvaises conditions.

La dépense quotidienne d'un malade à l'hôpital peut être évaluée à 2 fr. 50, le pensionnaire de l'hospice est entretenu pour 1 fr. 50. Il est infiniment probable que l'hôpital-asile, sorte d'hospice temporaire ayant des frais de traitement, d'alimentation, d'entretien du matériel spécial moindres que l'hôpital de traitement, verrait son chiffre se rapprocher de celui de 1 fr. 50 sans toutefois descendre jusque-là. En supposant que la dépense journalière soit de 2 fr. par malade il y aura là une nouvelle source d'économie bien appliquée.

En somme, tenant compte à la fois du loyer et de l'entretien, le lit de l'hospice-asile représenterait par jour environ 2 fr.50 tandis que les mêmes dépenses sont aujourd'hui de 5 fr. environ pour Lariboisière, et seront probablement de 7 fr. pour l'Hôtel-Dieu.

Calculant sur ces bases, et admettant ce qui nous paraît amplement démontré, que la création des hôpitaux-asiles dût débarrasser nos hôpitaux actuels du tiers de leurs occupants, soit environ vingt mille sur soixante mille malades par an, l'augmentation de dépense d'un côté balancée par la diminution de l'autre, on obtient un chiffre total inférieur au chiffre actuel. On peut donc conclure que cette solution, indépendamment de ses avantages au

point de vue de l'hygiène, serait rigoureusement économique.

Il y aurait encore un moyen bien simple de débarrasser les hôpitaux d'un excédent inutile de population, moyen juste dans son esprit et avantageux sous tous les rapports : ce serait de réformer les consultations publiques, d'y instituer, sur des bases solides, ce qu'on a nommé le traitement externe. Cette idée que nous avons indiquée dans un autre travail [1], retrouve ici sa place naturelle. Au lieu d'accueillir à l'hôpital les malades atteints d'affections simples et faciles à guérir, ne serait-il pas préférable de leur fournir des conseils, des soins, des médicaments et pansements, voire même de l'argent. On dit qu'ils se soigneront mal ou ne se soigneront pas hors de l'hôpital. Qu'importe, si on leur en procure tous les moyens. Quand donc prendrons-nous l'habitude d'abandonner à chacun le soin de veiller sur lui-même et de considérer que l'assistance a rempli son devoir le plus rigoureux quand elle a offert le secours sans employer aucune contrainte pour l'imposer ?

Nous ne doutons pas qu'à Paris comme à Londres, les malades fussent empressés à profiter d'un traitement de consultations bien institué. Mais pour obtenir ce résultat il faudrait une réorganisation complète. Il faudrait renoncer à faire sonner le chiffre des consultations et viser un peu plus à la qualité.

Aujourd'hui le traitement externe manque de locaux, de personnel médical et de personnel de service, de moyens d'examen, de pansement, etc. Les dépenses qu'on ferait pour l'installer seraient bien vite couvertes par l'économie réalisée sur la transformation du prix de journée. On soignerait sûrement pour 2 fr. par jour un malade inscrit au traitement externe et cela sans frais accessoires, sans risques, sans nul inconvénient.

Espérons encore que cette idée facile à réaliser tentera le savant directeur de l'Assistance publique de Paris.

En adoptant l'idée fondamentale de cette organisation, on arriverait graduellement à restituer à nos hôpitaux actuels leur véritable caractère de lieu de traitement et de guérison ; on pourrait diminuer leur effectif dans une large mesure et les mettre à l'abri de tout envahissement passager, car ce n'est pas le chiffre des

[1] U. Trélat, *Étude critique sur la reconstruction de l'Hôtel-Dieu*. Paris, 1864.

malades graves qui varie sensiblement, mais bien celui des valétudinaires indisposés. Alors on pourrait sans inconvénient n'admettre dans les hôpitaux, suivant les termes de la loi, que des individus atteints de maladies aiguës et *curables*, c'est-à-dire qu'on serait légitimement autorisé à en refuser l'entrée à tous ceux qui n'auraient pas à y rencontrer des chances de guérison meilleures que par tout autre moyen.

Ceux-là trouveraient à l'hôpital-asile, à l'hospice temporaire, tout ce dont ils ont besoin, un asile salubre, la nourriture, le repos et des soins.

Dans ces conditions, personne ne serait plus fondé à dire que l'hôpital est une mauvaise institution. Il pourraît être un procédé coûteux sans cesser d'être économique s'il fournissait un chiffre et une valeur de guérisons supérieurs à toute autre forme de traitement des malades pauvres ou nécessiteux. Il serait une institution évidemment utile si la communauté du traitement avait le résultat de toute association bien entendue, si toutes les ressources étaient exclusivement concentrées vers un but unique : la guérison; si on pouvait en un mot le définir ainsi : un lieu de traitement d'une salubrité irréprochable où les malades sont soignés par un corps médical nombreux et éclairé, à l'aide des procédés diététiques, pharmaceutiques et chirurgicaux les plus perfectionnés.

La réalisation de ce plan serait une réforme complète non de notre assistance publique, mais de notre assistance hospitalière ; l'hôpital ne serait plus le refuge de la misère aux abois ; il deviendrait le secours efficace et savant qu'une société éclairée doit prêter à ses membres les moins favorisés, à charge par eux rappelés à la vie et à la santé de restituer cette avance en travail productif pour la généralité. Point de vue nouveau qui fait en quelque sorte monter l'hôpital au rang des œuvres de prévoyance, si supérieures aux œuvres de charité pure !

V

Résistances administratives. — Le futur Hôtel-Dieu. — Discussion du projet. — Besoins de la population. — Épidémies. — Progrès scientifiques, — Hygiène. — Conditions financières. — Conclusion.

On pouvait croire que ces aspects élevés des questions hospita-

lières seraient étudiés de près par l'administration toute puissante qui gouverne la municipalité de Paris, au moment où elle allait pouvoir enfin mettre la main à l'œuvre inutilement tentée depuis un siècle, la réédification de l'Hôtel-Dieu.

Quant à nous personnellement et à un grand nombre de nos plus éminents collègues et confrères, nous avons fait tous nos efforts pour la pousser dans cette voie. Nous aurions voulu non-seulement qu'elle construisît un bon hôpital, mais que cette construction fût la manifestation la plus saillante et la plus palpable de la réforme hospitalière prise sous toutes ses faces : thérapeutique, hygiène, économie financière, économie sociale, instruction professionnelle.

Nous aurions voulu qu'annonçant l'intention de dépenser pour les hôpitaux cinquante ou soixante millions (chiffre colossal), elle soumît à révision l'ensemble du problème pour l'harmoniser avec les progrès, les besoins, les tendances de notre état scientifique et social, au lieu de se borner à une amplification et à une restauration d'édifices et d'institutions vieillis.

Nos efforts se sont brisés devant les résistances administratives. Dans une question qui ne pouvait être élucidée que par des hommes voués à l'étude des hôpitaux, aucun corps savant n'a été consulté et le débat a été tranché par un pouvoir sans limite. Ce débat a été dominé par une affaire de voirie : c'est le *plan de la cité* qui était en cause. L'Hôtel-Dieu étant la cheville ouvrière de cet ensemble, il a été jugé à ce point de vue exclusif.

L'administration s'est plu à rappeler qu'en 1824 et 1838 des médecins illustres ou éminents émettaient l'opinion que l'Hôtel-Dieu devait être conservé dans sa situation et sa capacité. Combien de faits cependant se sont passés depuis cette époque où le souvenir de Desault était encore vivant et où la gloire de Dupuytren brillait de tout son éclat ? Alors Paris avait une superficie et une population inférieures de moitié à ce qu'elles sont aujourd'hui ; alors les hôpitaux excentriques manquaient de place et de ressources et l'Hôtel-Dieu pouvait être considéré comme le centre accessible de la bienfaisance hospitalière ; alors il y avait tout autour de l'Hôtel-Dieu des quartiers populeux et pauvres, vraies pépinières de malades toujours trop nombreux. Mais aujourd'hui, mais demain surtout, quand la Cité ne contiendra plus un seul habitant, où sera la population qui forme la clientèle de l'hôpital ?

Nous l'avons démontré de la manière la plus irréfutable[1] et cette démonstration sera chaque jour rendue plus évidente : comme le froid de l'hiver chasse les hirondelles, la cherté des loyers a chassé toute cette population vers les arrondissements annexés, aux confins de la ville, à quatre ou cinq kilomètres de l'Hôtel-Dieu. Pourquoi vouloir conserver l'hôpital dans un point abandonné par ses clients? Que dirait-on d'un général qui laisserait ses ambulances là où son armée en marche a campé la veille ou l'avant-veille?

Cette détermination permettra, il est vrai, de continuer à centraliser les malades venus de Montmartre ou de Montrouge, de Grenelle ou de Pantin, parages lointains dépourvus d'hôpitaux.

Et cette centralisation artificielle, aura-t-elle au moins des avantages?

On a parlé des services que rend l'Hôtel-Dieu en temps d'épidémie, on a dit qu'il est le théâtre de la science.

Souvenirs, mais non réalité. On se reporte au choléra de 1832, à ces rues néfastes de la Mortellerie et de l'Hôtel-de-Ville. Il n'y a plus de rue de la Mortellerie et la rue de l'Hôtel-de-Ville est tantôt disparue sous la pioche des démolisseurs. Bien plus, si l'expérience compte pour quelque chose, on se gardera désormais de rassembler en masses les malades frappés par le vent épidémique, on se gardera de les placer au milieu ou à côté d'autres malades pour lesquels ils seraient une redoutable menace, le feu près de la poudre. On les isolera réellement par petits groupes, et le futur Hôtel-Dieu ne sera guère propice à cette méthode[2].

La science ne sera pas mieux satisfaite. J'affirme, disait récemment notre collègue et ami M. Verneuil[3], que si les intérêts de l'humanité sont lésés par la concentration des malades, les progrès de l'art et les exigences de la science ne sont pas mieux sauvegardés.

Et il montrait, après cette entrée en matière, la chirurgie d'hôpital gênée, entravée, lancée dans des voies téméraires, parfois bizarres, le plus souvent craintives et abstentionistes, et en somme pervertie ou trop fréquemment réduite à l'impuissance.

[1] *Étude critique sur la reconstruction de l'Hôtel-Dieu*, chap. III.
[2] Voir dans ce volume le travail de M. J. Worms sur le choléra.
[3] Discussion de la Société de chirurgie. — *Loc. cit.*

Sans doute la science n'est pas tout entière dans la pratique des opérations, mais elle y est pour une part vraiment bien maltraitée dans nos hôpitaux.

On a, il est vrai, l'espoir que l'Hôtel-Dieu futur, doué d'une salubrité sans égale, échappe à tous ces inconvénients. Sur quoi peut-on fonder cet espoir? L'hôpital de Lariboisière contient 630 malades, celui-ci en renferme 716 ou 800[1] (il est impossible d'être fixé sur le chiffre normal) ; Lariboisière a une superficie de 51,872 mètres carrés, ici nous avons 21,600 mètres ; Lariboisière a une vaste cour centrale bornée par une galerie à rez-de-chaussée, ici une cour centrale étroite et longue bornée par des bâtiments de quatre étages. Merveilleux progrès de l'hygiène qui s'accommodent ainsi de l'accumulation des malades, de l'espace insuffisant et du défaut d'aération !

D'ailleurs il faut convenir qu'on a savamment exploité ce chétif espace et qu'en creusant le sol et en s'élevant vers le ciel on est arrivé à de remarquables tours de force qui attestent l'habileté des architectes et des ingénieurs, mais point l'excellence du programme.

Au reste l'expérience est commencée ; dans quelques années on pourra juger ses résultats. On verra alors si la salubrité hospitalière reconnaît des règles et des lois, ou si elle n'est qu'une science illusoire ; on verra si les conditions que nous considérons comme fondamentales ont oui ou non de la valeur. Aux convictions tenaces il faut des arguments violents et celui-ci ne manquera ni d'ampleur ni malheureusement de durée.

[1] Si le nouvel hôpital ne contient que 716 lits permanents, il y aura une perte de 112 lits, puisque l'Hôtel-Dieu actuel en renferme 828. Et cependant l'administration insiste, dans son exposé des motifs, sur la nécessité de conserver à l'Hôtel-Dieu sa capacité actuelle !

U. Trélat.

II

LES ÉPIDÉMIES DE CHOLÉRA

Le choléra est devenu une maladie fréquente en Europe depuis trente ans. Quatre fois la France a été atteinte en un si court espace de temps, et la fin de l'année 1865 est arrivée avant celle de la quatrième épidémie, qui, dès le mois de juin dernier, avait frappé ses premiers coups sur le territoire français.

Quel est ce nouveau fléau qui, en moins de quarante ans, a coûté à l'Europe plusieurs millions d'hommes et à la France plus de 300,000 hommes. De quelle époque date son origine, où est le lieu de sa naissance? Quels sont les signes auxquels on le reconnaît? que peut-on faire pour le combattre sur les individus atteints? comment se propage-t-il à travers les mers et les vastes contrées qui nous séparent de sa source? que peut-on tenter pour opposer des barrières à son envahissement.

C'est à ces différents points de vue qu'il y a lieu d'examiner une question qui emprunte sa gravité au retour rapide des épidémies, à l'anxiété générale qu'elles déterminent, et à l'inconnu qui pèse sur l'avenir, si l'on ne parvient à maîtriser cet ennemi nouveau qui provoque une dépopulation sensible des nations et pourrait devenir une grande calamité sociale.

I

Résumé historique et géographique. — Période asiatique. — Invasions de l'Europe. — Circonstances auxiliaires.

Le terme de *choléra* est ancien dans la science, et quoique son étymologie soit douteuse, puisqu'on la fait dériver des mots χολή et ῥέω, écoulement de bile, ou de χολέρα, gouttière, il a toujours servi aux anciens auteurs à désigner une maladie caractérisée par un flux intestinal abondant et subit. Ce genre de choléra a été observé de tout temps sur des individus isolés, à des époques de

grandes chaleurs, ne causant la mort que rarement, et ne frappant qu'un nombre très-petit de personnes.

Depuis que la grande maladie asiatique, dont plusieurs symptômes sont semblables à ceux que présente le choléra connu des anciens, a apparu en Europe, on a appelé le premier choléra nostras ou sporadique.

Le choléra, qui depuis trente-cinq ans a ravagé l'Europe à plusieurs reprises, est, au contraire, une maladie nouvelle dans nos climats. Aucune des grandes épidémies européennes des siècles passés, dont l'histoire nous a été rapportée, ne peut être mise sur le compte de ce genre de maladie.

Celle-ci est née au pied de l'Hymalaya, sur les bords du Gange, et y exerce depuis longtemps de cruels ravages. On a cherché à déterminer à quelle époque de l'histoire de l'Inde on trouve la première mention du choléra, et de nombreuses recherches, surtout la traduction faite par Hessler des Susrutas, partie scientifique des Védas, le code sacré des Hindous, semblent prouver que la connaissance de cette maladie épidémique remonte aux époques les plus reculées de l'histoire de l'Inde.

Ce qui est absolument certain, c'est que des Français, voyageant dans l'Inde pendant le dix-septième siècle, ont observé une maladie épidémique et mortelle appelée « mordixune » par les indigènes, terme transformé en celui de « mort de chien ».

Sonnerat rapporte que, depuis 1768 jusqu'à 1771, Pondichéry et la contrée qui l'environne ont perdu plus de soixante mille habitants par le choléra.

De nouvelles épidémies indiennes ont été observées depuis lors, notamment en 1804, 1814 et 1816.

Rien ne prouve que jusqu'à cette dernière époque la maladie ait jamais franchi ses limites primitives.

L'ère de son extension date de l'épidémie indienne de 1817, qui fut étudiée avec une grande attention par les médecins anglais, parmi lesquels il convient de nommer les docteurs Tytler et Jameson. Leurs descriptions sont si exactes que les recherches faites depuis n'ont pu y ajouter grand'chose de nouveau.

Le choléra sévit d'une façon continue le long du Gange en 1817, attaqua Calcutta en septembre, et s'étendit vers le sud de la presqu'île qu'il atteignit l'année suivante. De là il passa à Ceylan, où il causa la mort de la moitié de la population.

En 1819, on le retrouve dans la presqu'île de Malacca, à Java et en Chine.

En 1821, la Perse est atteinte. Les grandes villes, Téhéran et Ispahan, purent être préservées par des cordons sanitaires.

La marche de l'épidémie se continuant vers l'est, la Syrie est envahie en 1822, et enfin, le 23 septembre 1823, le fléau vient frapper aux portes de l'Europe en apparaissant à Astrakan. Mais le mal s'arrêta là.

Une nouvelle épidémie de choléra éclata en 1826 dans le Bengale; elle suivit, comme la précédente, la route des caravanes par l'Asie centrale, franchit l'Oural et arriva, dans le mois d'août 1829, avec des hordes kirghizzes à Orenbourg.

Cette fois l'Europe n'est plus seulement menacée, elle est définitivement envahie, et d'Orenbourg s'irradie dans plusieurs directions le poison qui, dès 1831, avait immolé un immense nombre de victimes dans presque toute l'étendue de l'empire Russe, depuis Odessa jusqu'à Moscou et Lemberg.

Le choléra qui avait cheminé lentement en Asie, où la rareté des grandes routes de terre et le peu de communications établies rendaient sa progression difficile, trouva en Europe des conditions nouvelles qui devaient modifier ses allures : des mouvements d'hommes en permanence allant du lieu infecté au lieu intact, et la circonstance particulièrement favorable des envois de troupes russes chargées de vaincre l'insurrection de Pologne. Le général en chef de l'armée russe, le maréchal Diebitsch, fut une des premières victimes frappées devant Varsovie.

La Prusse et l'Autriche sont envahies à leur tour, et les premiers cas de choléra sont observés à Vienne et à Berlin, en septembre 1831.

L'Allemagne entière fut saisie d'épouvante. Le fédéralisme permit à quelques souverains de faire prendre des mesures de défense publiques, efficaces, grâce auxquelles leur territoire est épargné; le Hanovre et le Mecklembourg furent dans ce cas. Le royaume de Danemark obtint, par des cordons sanitaires sagement établis, le même succès.

Avant la fin de l'année 1831, l'Angleterre était frappée; l'importation s'était faite par le port d'Hudington après l'arrivée d'un bateau infecté venant de Hambourg.

Depuis le commencement de 1832, des cas isolés très-peu nom-

breux de choléra avaient été signalés à Paris, et déjà avant la fin de 1831 il y en avait eu quelques-uns à Calais.

Mais ce n'est qu'à la fin de mars que la succession rapide des cas et leur grand nombre firent naître les journées lugubres dont le souvenir est encore si pesant en France.

Après la France, la Belgique, puis la Hollande furent frappées.

Le mode d'invasion de la Hollande est bien nettement établi; un pêcheur, après avoir contracté le choléra en Angleterre, viola la quarantaine établie sur les côtes, et importa ainsi la maladie. C'est autour de ce malade que les premiers cas se développèrent en Hollande.

L'Espagne fut respectée jusqu'en 1832 et ce n'est pas par les Pyrénées, mais par un petit port situé sur l'embouchure du Duero qu'a eu lieu l'importation par une frégate anglaise qui opéra le transport du choléra d'Angleterre en Espagne.

Toute la presqu'île fut rapidement envahie, et les ports espagnols infectés, en rapport constant avec les ports de la Provence, furent la source d'une deuxième épidémie, bien plus meurtrière que celle de 1832, à Marseille et à Toulon.

En 1835, le choléra fut transporté par des troupes de Marseille en Algérie, où il fit de nombreuses victimes dans notre armée.

Des côtes de la Provence la maladie s'étendit d'une part aux États sardes et à toute l'Italie (1836), puis, d'autre part, franchissant les Alpes, vint frapper de nouveau l'Allemagne méridionale; Vienne fut frappée deux fois en moins de cinq ans.

Neuf ans se passèrent ensuite sans qu'on signalât le choléra en Europe, quoique la maladie fût restée pour ainsi dire permanente dans l'Inde. Ce n'est qu'en 1844 que les frontières de ce territoire impur furent franchies pour la seconde fois par le fléau. En deux ans il atteignit Téhéran, puis fut apporté à la Mecque par des pèlerins indiens. Au commencement de 1847, on le trouve sur les bords de la mer Noire et à Moscou et à Pétersbourg en octobre 1847.

L'invasion de l'Europe fut encore plus rapide qu'en 1831, et avant la fin de l'année 1849 toutes les contrées de notre continent, l'Angleterre, la Suède avaient été atteintes. L'Amérique n'échappa pas à l'infection, et le Canada, New-York et la Nouvelle-Orléans payèrent leur tribut à l'épidémie.

La France fut de nouveau visitée par le choléra en 1853; les

premiers cas éclatèrent en octobre. L'histoire de l'enchaînement de cette épidémie avec son point de départ n'est pas encore éclaircie. Cependant on sait qu'en 1852 le choléra sévissait en Perse; c'est par la Russie qu'il pénétra en Europe, et le Danemark, l'Allemagne du nord et l'Angleterre furent atteints avant la France.

Un point important à noter dans cette troisième épidémie, en ce qui concerne la France et Paris en particulier, est que la maladie, après s'être assoupie pendant l'hiver de 1853 à 1854, a reparu avec une assez grande intensité au mois de mars 1854; des faits analogues ont été souvent observés ailleurs. A l'épidémie française de 1854 se rattache celle qui frappa si cruellement les armées alliées pendant la guerre d'Orient. Les premiers cas de choléra se déclarèrent sur des soldats embarqués à Marseille où régnait la maladie, et qui furent déposés au Pirée et à Gallipoli. De Gallipoli, le choléra a été apporté au camp de Varna, d'où il a poursuivi les trois divisions françaises qui éprouvèrent un si affreux désastre pendant une expédition de huit jours dans la Dobrudscha. Le choléra ne s'éteignit en France et à Constantinople que vers la fin de l'année 1855. Ce fut la fin de la troisième épidémie européenne.

Le début de la quatrième, toute récente et non terminée, remonte pour la France au mois de juin 1865.

Les faits qui l'ont déterminée sont nettement établis.

Apporté par des pèlerins indiens à la Mecque, où il a trouvé un terrain fertile pour ses développements, le choléra y a causé les plus épouvantables ravages : on évalue à 30 mille le nombre des victimes qui ont succombé en un mois.

Presque en même temps que Constantinople et Malte, Marseille était frappée dans les premiers jours de juin. Deux médecins de Marseille, M. Pirus Sirondi et M. Aug. Ruy Fabre ont nettement établi que les premiers cas ont suivi de près le débarquement de pèlerins algériens morts du choléra en arrivant à Marseille et ayant fait la traversée depuis Alexandrie, sur des bateaux qui avaient perdu des cholériques.

De Marseille le choléra s'étendit à Toulon et dans toute la Provence, et trois mois seulement plus tard, vers le 15 septembre, les premiers cas furent signalés à Paris; le nombre des victimes, très-restreint jusque vers le 5 octobre, atteignit un chiffre plus considérable pendant les trois dernières semaines

d'octobre. Avec les premiers jours de froid les cas devinrent moins fréquents et l'année 1865 s'achève avec un nombre de cas qui n'a pas dépassé 20 par jour depuis le commencement de décembre.

Durant cette période de l'épidémie de 1865, la Provence et Paris ont été presque seuls atteints en France. Le reste du pays a été pour ainsi dire complétement épargné. Il en a été de même de l'Allemagne et de l'Angleterre.

L'Espagne septentrionale a été au contraire très-éprouvée; Barcelone, Sarragosse, Madrid, ont compté beaucoup de victimes.

En Italie, l'épidémie a été limitée à Ancone et à Naples. Des mesures restrictives très-énergiques ont été mises en usage, et tout porte à croire qu'on leur doit le salut de bien des existences.

En somme, on voit qu'au point de vue de son itinéraire, le choléra dans les différentes invasions a suivi presque toujours les mêmes routes : après s'être propagé à travers l'Asie centrale jusqu'à la mer Caspienne, il a trois fois suivi la route de terre le long de la mer Caspienne et a pénétré en Russie par la vallée de l'Oural; la quatrième fois, il a été apporté directement en Arabie, et, franchissant la Méditerranée avec les voyageurs et les vaisseaux, est venu infecter l'Europe méridionale.

On voit dans ces différentes apparitions le choix exclusif de l'implacable voyageur ponr les grandes routes et ses allures rapides ou lentes, selon qu'il se meut dans des contrées où les communications entre les hommes sont fréquentes et accélérées ou ne le sont pas.

Tous les pays de l'Europe ont été visités depuis 1832, la Suède et la Russie aussi bien que la Grèce et Malte; la Suisse qui avait été épargnée pendant les deux premières invasions et à l'altitude de laquelle on avait pensé devoir attribuer ce privilége, a été frappée en 1854.

Les côtes de l'Afrique septentrionale, toute l'Asie, l'Amérique, depuis le Canada jusqu'à Valparaiso, les Antilles ont été tour à tour atteintes.

Le choléra est donc une maladie qui règne sur toutes les latitudes.

Les épidémies ont été généralement moins terribles en hiver qu'en été; mais cependant on a vu à Moscou des ravages épou-

vantables par le choléra de 1830, par une température de — 20°, et Orenbourg par — 30°.

Quoique les épidémies aient été plus meurtrières et plus fréquentes dans les vallées que dans les régions élevées, on a observé le choléra dans toutes les altitudes, et Jannson a vu des cholériques dans l'Hymalaya à 5,000 mètres au-dessus du niveau de la mer.

Jusqu'à présent, on ne peut invoquer aucune circonstance géographique, atmosphérique ou cosmique, qui ait exercé sur la propagation du choléra une restriction absolue. Il semble démontré, à la vérité, que les terrains d'alluvion sont plus exposés que les terrains granitiques, les vallées plus que les montagnes ; que l'hiver et les températures basses et la sécheresse favorisent moins l'extension du mal que ne le font les chaleurs et l'humidité ; mais si l'on compare entre elles l'histoire de toutes les épidémies décrites depuis 1817, on acquiert la conviction que toutes ces circonstances n'agissent que d'une façon secondaire, et que leur influence se fait à peine sentir sur une cause puissante, indépendante d'elles et dont il y aura à chercher et à déterminer autant que possible la nature exacte.

II

Caractères des épidémies. — Signes prémonitoires de l'attaque de choléra et symptômes de celle-ci. — Incertitude du traitement du choléra. — Efficacité.

Existe-t-il des signes par lesquels on puisse reconnaître l'approche du choléra ou sa présence dans un lieu, en dehors des cas de choléra eux-mêmes ? On conçoit aisément que ceux qui ont cherché à défendre la thèse d'après laquelle le choléra proviendrait de perturbations atmosphériques ou telluriques, aient tenté de faire considérer comme tels tous les incidents qui ont pu précéder ou accompagner les épidémies de choléra.

Là où les observations ne se sont étendues qu'à quelques cas de choléra circonscrits dans une petite étendue de pays, on a pu constater quelquefois des singularités dans la direction des vents accompagnant l'éclosion de la maladie : il existait moins d'ozone dans l'air, les hirondelles avaient fui avant l'époque le lieu prédestiné, les fruits avaient été moins mûrs dans l'année, les affec-

tions des voies digestives avaient été plus fréquentes qu'en temps ordinaire et cette modification dans la santé générale annonçait l'épidémie prochaine. Or, on a basé ainsi, sur des éléments incomplets, des théories du choléra qui ne résistent pas à la comparaison avec des faits observés cent lieues plus loin où rien de pareil ne s'était passé. Ici la santé publique n'avait jamais été meilleure que lorsque les premiers cas de choléra avaient éclaté, jamais les fruits n'avaient été plus succulents, jamais les oiseaux ne s'étaient montrés plus confiants.

En définitive, quand on a cherché un enseignement dans la généralité des faits qui ont été si scrupuleusement consignés depuis plus de trente ans par les médecins de tous les pays du monde civilisé, on arrive à cette conviction, que tout ce que des esprits prévenus ont pu considérer comme des causes du choléra, ne sont que des coïncidences fortuites, qui peuvent bien exercer une certaine influence sur l'intensité d'une épidémie de choléra, mais sont impuissantes à la déterminer ou à en annoncer la proximité ou la présence.

Ce sont les cas multipliés de choléra qui seuls font connaître que l'épidémie existe dans un lieu. Sous ce rapport les faits conduisent à reconnaître une loi : c'est que l'épidémie s'établit d'une manière progressive. Quelques cas peu nombreux éclatent d'abord; ils sont généralement très-graves; au bout de deux ou trois semaines les cas se multiplient, atteignent en nombre le summum et les cas mortels sont un peu moins nombreux. Souvent il se produit pendant cette période de l'épidémie un état stationnaire, et enfin, après un temps qui a varié de huit jours à un an, les cas deviennent de plus en plus rares et l'epidémie s'éteint.

Quant aux signes de la maladie chez chaque individu, ils ne sont malheureusement que trop connus quand la maladie est confirmée; la multiplicité des déjections aqueuses et les vomissements répétés, le refroidissement du corps, la petitesse et plus tard l'absence du pouls, la cyanose, l'enfoncement des yeux, l'amaigrissement rapide, la douleur épigastrique souvent si intolérable, les crampes dans les mollets, quelquefois dans les avant-bras, la suppression de l'urine, l'extinction de la voix : voilà l'ensemble des signes qui fait de l'attaque de choléra confirmée un tableau saisissant et qui se graverait dans l'esprit de ceux qui ne l'auraient vu qu'une seule fois.

Ce que l'on sait moins, c'est que presque toujours l'attaque de choléra est précédée par un trouble de la santé, qui est souvent si léger qu'il faut, de la part du médecin, une grande attention pour le remarquer, et de celle du malade un souci judicieux de sa santé pour en tenir compte. Cette période, qui quatre fois sur cinq précède le choléra et qu'à juste titre on a appelée prémonitoire, se révèle chez les uns par un flux intestinal plus ou moins important, que n'accompagnent souvent ni malaise ni fièvre ; c'est la cholérine. Chez d'autres, le stade prémonitoire revêt la forme de troubles nerveux plus ou moins sensibles. Les malades ont ressenti avant l'attaque un peu de céphalalgie, de vertige, de sifflement d'oreilles, de légers tiraillements dans les muscles. On ne saurait trop faire attention, pendant une épidémie, au moindre dérangement de la santé ; car c'est dans cette période, alors que l'intoxication est à peine signalée, que la médecine est toute-puissante. Il est extrêmement rare de voir sous l'influence de soins attentifs et judicieux une cholérine dépasser ce degré de la maladie et devenir un vrai choléra confirmé.

Si l'absence de soins a déterminé l'invasion d'un choléra confirmé, ou que celui-ci, ce qui est fort rare, ait éclaté d'emblée, le malade peut succomber pendant la période caractérisée par les signes décrits plus haut, et qui peut durer depuis peu d'heures jusqu'à deux ou trois jours ; ou bien il se fait une modification considérable dans les symptômes, la peau se réchauffe, les crampes, la diarrhée, les vomissements cessent ; le pouls devient ample, fréquent ; une urine albumineuse est secrétée, la voix retrouve son timbre, souvent les yeux sont injectés, la face est congestionnée, l'intelligence du malade, qui souvent est restée nette pendant la période algide, se trouble ; il y a du délire, et plus souvent de l'assoupissement. C'est là la période de réaction, pendant laquelle beaucoup de malades présentent l'aspect des individus atteints de fièvre typhoïde. Le danger est encore bien grand pendant cette période, et il succombe presque autant de malades durant le stade de réaction que pendant celui de l'algidité. La forme de réaction dite typhoïde ou comateuse dure souvent quinze jours.

Les statistiques comparées des épidémies européennes de 1845 et 1854 montrent que parmi les personnes traitées pour la cholérine, il n'en est mort que très-peu par le choléra ; mais que parmi ceux qui n'ont reçu de secours qu'après la confirmation de la

maladie 50 pour 100 environ ont succombé. De ceux là, les 4/7 ont péri en moins de quarante-huit heures pendant la période algide, et les 3/7 pendant la période de réaction typhoïde.

Pour combattre le choléra confirmé, presque tous les moyens connus dans l'universalité de la nomenclature thérapeutique ont été mis en usage. Comme l'estomac du malade rejette à peu près tout ce qui est ingéré, et que des expériences physiologiques ont démontré que pendant l'accès l'absorption des médicaments ne se fait pas, on a renoncé en grande partie à la médication interne, et on y a substitué les agents externes. Les frictions de toute espèce, l'électricité, les applications de glace et les bains de vapeur, les vésicatoires ont été tour à tour recommandés. Presque chaque cas exige une indication différente en raison d'un grand nombre de circonstances qui varient avec les individus.

Quand les vomissements ne sont pas assez fréquents pour empêcher complétement l'usage des moyens internes, on a retiré souvent un avantage marqué de l'emploi des excitants, de l'alcool et surtout de l'ipécacuanha.

Mais il faut le dire avec d'autant plus de courage qu'il y a tout avantage à ne pas laisser s'établir une foi illusoire sur le traitement efficace de l'accès du choléra, et que cette légitime incertitude conduira à chercher les moyens qui peuvent détourner ce mal implacable : les résultats obtenus par toutes les méthodes de traitement, souvent par les plus diverses, ont été presque toujours les mêmes : la moitié environ des malades ont pu être sauvés dans tous les temps, dans tous les lieux et par tous les moyens ; l'autre moitié a succombé dans des conditions identiques.

Si l'intervention médicale est limitée dans son action quand elle doit s'exercer sur le choléra confirmé, il n'en est plus de même quand il s'agit de la période qui précède généralement l'attaque. La thérapeutique obtient dans ces cas, par un certain nombre de médicaments, des résultats extrêmement favorables.

L'opium, qui a été particulièrement employé et loué dans cette circonstance, semble avoir été détrôné dans la dernière épidémie par l'usage heureux de l'ipécacuanha à dose vomitive et par l'acide sulfurique qui avait été recommandé dès 1849 par M. Worms, médecin en chef de l'hôpital du Gros-Caillou. Adopté par un grand nombre de praticiens durant l'épidémie de 1865, ce médicament

a donné des résultats très-encourageants pour l'avenir, dans le traitement de la période prodromique du choléra.

Mais jusqu'au jour où on aura trouvé un moyen infaillible pour guérir la maladie, et rien ne peut faire supposer que cette découverte puisse jamais être faite, les efforts généraux et particuliers doivent être tournés vers les moyens qui peuvent prévenir les épidémies de choléra.

C'est de la connaissance des causes du choléra, et surtout de celle de son mode de propagation que découle la prophylaxie publique de ce terrible fléau.

III

Mode de propagation du choléra. — Importation sur les côtes. — Colportage du germe cholérique d'un lieu à l'autre. — Expériences faites sur des animaux.

Que la cause, quelle qu'elle soit, qui détermine des accidents de choléra chez l'homme, naisse dans le delta du Gange, c'est un fait presque démontré.

Toutes les épidémies qui ont sévi en Europe se rattachent par un enchaînement direct à des épidémies asiatiques. Jamais le choléra épidémique n'a éclaté subitement dans le centre d'un continent européen sans que la frontière de ce continent n'ait été d'abord atteinte. Cette observation si simple et si constante fait tomber toutes les hypothèses en vertu desquelles le choléra serait une affection locale, née sous l'influence de modifications atmosphériques ou cosmiques. Le choléra est une maladie essentiellement migratoire, et qui parcourt l'espace en s'attachant à l'homme, marchant avec lui, et transmettant dans la chaîne humaine, où il se renouvelle, le poison engendré sur les bords du Gange.

L'importation du choléra dans les ports par des bateaux infectés, et suivie de l'envahissement d'un continent ou d'une île, a pu être souvent démontrée jusqu'à la dernière évidence. Le premier fait de ce genre qui ait été signalé est l'importation du choléra à l'île de France, en 1821, par la frégate anglaise *la Topaze*, venant de Calcutta et ayant à son bord des cholériques.

L'invasion de la Hollande a été déterminée de la façon suivante en 1832. Malgré des précautions sévères prises sur la côte, et que nécessitait la multiplicité des relations avec l'Angle-

terre, déjà envahie, un cas de choléra éclata à Scheveningue, petit port situé à une demi-lieue de la Haye, le 24 juin 1832.

Du 28 au 1er juillet, 15 autres cas s'y déclarèrent, et peu de jours après, la Haye fut atteinte. Le docteur Kiehl[1], alors médecin sanitaire de la côte, a bien établi que le premier malade a été le patron d'un bateau qui, violant la quarantaine, quoique déjà souffrant, revenait des côtes d'Angleterre, où il avait été en rapport avec des cholériques. C'est autour de cet homme que se développèrent les premiers cas en Hollande.

Voici une série d'autres faits d'importation constatée :

Dantzig est infecté après l'arrivée d'un vaisseau venant de Riga (mai 1831)[2].

Québec (1832), après l'arrivée d'émigrants irlandais[3].

Le fort d'Isao, sur les bouches du Duero, en 1833, par des soldats anglais malades du choléra[4]. La maladie s'étendit de là sur tout le Portugal et l'Espagne, et Marseille fut infectée de nouveau en 1834 par des bateaux espagnols[5].

L'invasion de l'Algérie en 1835 se rattache à l'épidémie de Marseille[6].

Vers la même époque, la frégate française *la Melpomène*, venant de Gibraltar où son équipage a contracté le choléra, infecte le lazaret de Toulon[7].

L'importation a été constatée à la Nouvelle-Orléans en 1848 et en 1853. Peu de jours avant l'épidémie de 1853, il était arrivé dans le Mississipi 28 bateaux allemands, hollandais ou anglais, portant 13,000 émigrants, et qui avaient perdu par le choléra 1,141 passagers pendant la traversée.

Il en est de même de l'importation à New-York, effectuée en 1848 par le vaisseau *le New-York*, qui avait quitté le Havre le

[1] Kiehl, *Origine et préservation des épidémies*. Berlin, 1865.

[2] Dann, *Le choléra à Dantzig*. Dantzig, 1831.

[3] *Reports of the Commission to visit Canada*, etc. Philadelphie, 1832.

[4] Haeser, *Geschicht der Medicin und der epidemischen Krankheiten*. Iena, 1865.

[5] T. Sue. *Relation de l'épidémie de choléra qui a régné à Marseille pendant l'hiver de* 1834 *et de* 1835.

[6] Audouard. *Histoire de choléra dans l'armée d'Afrique en* 1834 *et* 1835. Paris, 1836.

[7] *Gazette médicale*, p. 406. Paris, 1849, extrait du rapport de M. le docteur Rognaud.

29 novembre 1848, et avait eu pendant la traversée 19 cas de choléra à bord [1].

L'épidémie de cette ville en 1854 a pu être rattachée également à l'importation par des émigrants allemands, dont plusieurs étaient morts du choléra pendant la traversée [2].

Saint-Thomas a été envahi en 1853 après l'arrivée d'un bateau venant de Liverpool qui avait perdu des cholériques pendant son trajet [3].

Le 15 juillet 1854, un vapeur, venant de Marseille, où règne le choléra, et qui a perdu 12 cholériques pendant la traversée, débarque 40 malades à Gallipoli. Le choléra éclate le 17 juillet dans le camp français; peu après dans les hôpitaux de Constantinople, d'Andrinople et de Varna, et l'on se rappelle les terribles journées de l'expédition de la Dobrudscha [4].

Enfin on sait que le début du choléra à Marseille en 1865 a suivi de près le débarquement des passagers de *la Stella*, venant d'Alexandrie, qui avait perdu des cholériques pendant la traversée [5].

Si de ces faits, où l'irradiation du choléra autour des malades apparaît déjà, mais sans que l'on en voie encore le mode d'action particulière, on passe à l'examen des cas d'importation effectuée par des sujets déterminés, et où l'on peut suivre le fil de la transmission, il suffit d'étudier les relations des épidémies des petites localités où les circonstances précises sont plus faciles à saisir que dans les grandes villes pour en trouver de nombreux exemples.

C'est surtout aux médecins de province que l'avenir sera redevable de la clarté qui, depuis une époque malheureusement trop récente, règne sur le mode de propagation du choléra; parmi ceux-ci il faut citer avec reconnaissance les noms de MM. les docteurs Brochard, de Nogent-le-Rotrou, Huette, de Montargis, Eissen et Spindler, de Strasbourg, Benoît, de Giromagny, Léon Gros, de Sainte-Marie aux Mines, etc.

[1] Docteur Bodinier. *Lettre à l'Académie de médecine*, 21 mai 1849.

[2] Haeser, *loc. cit.*

[3] Id., *ibid.*

[4] Marroin. *Histoire médicale de la flotte française pendant la guerre de Crimée*. Paris, 1861. — Scrive. *Relation médico-chirurgicale de la campagne d'Orient*. Paris, 1857, Victor Masson.

[5] Communication faite par M. Grimaud (de Caux) à l'Académie des sciences. Octobre 1865.

Dans des observations consciencieuses et précises ils ont démontré l'erreur dans laquelle était tombée la génération médicale de 1832 qui avait pensé pouvoir arguer de l'immunité d'un certain nombre de personnes et de certains lieux, contre l'influence pernicieuse que pourraient exercer les malades atteints de choléra dans des circonstances particulières et favorables.

Voici quelques faits relatés par M. le docteur Huette et observés dans l'arrondissement de Montargis pendant l'épidémie de 1854.

A Saint-Maurice, où aucun cas de choléra ne s'était produit un premier éclate le 28 juin, chez un nourrisson amené la veille de Paris. Deux jours après, l'enfant de la nourrice est atteint et succombe; le nourrisson succombe le lendemain; la nourrice est atteinte le 4 juillet et guérit; sa mère, venue d'un village voisin, où le choléra n'existait pas, est frappée vingt-quatre heures après sa fille et meurt; une seconde fille, qui lui avait donné des soins, est frappée deux jours après et guérit. L'épidémie ne s'étendit pas dans le village.

A Oussoy, un nourrisson amené le 27 juin de Paris, meurt du choléra le 3 juillet; le 13, l'enfant de la nourrice est atteint et succombe; la nourrice elle-même est frappée et meurt le 17; deux femmes voisines qui lui avaient donné des soins meurent, l'une le lendemain et l'autre au bout de huit jours, le mari de la nourrice est atteint le 26 et meurt; une femme habitant l'autre extrémité du village, et qui avait lavé le linge du dernier malade, est, elle aussi, atteinte du choléra. Dans ce village, l'épidémie est restée bornée aux maisons des personnes qui avaient eu des rapports avec les malades.

A Chevillon, l'épidémie fut apportée par l'enfant d'une femme morte du choléra à l'hôpital de Montargis et qui fut recueilli dans ce village où il mourut; les personnes qui l'avaient abrité eurent le même sort.

La relation de M. Huette continue de la sorte pour sept ou huit autres villages[1].

M. le docteur Spindler rapporte les faits suivants, dont nous avons été témoins :

Aucun cas de choléra n'avait encore été observé à Strasbourg en 1849.

[1] *Archives générales de médecine*, 1856.

Un enfant de quatre ans, venant d'un village éloigné de 40 kilomètres, et où régnait le choléra, arrive le 14 août à Strasbourg et meurt le 18 du choléra. Le 20 août, le choléra se déclare chez une jeune fille demeurant rue des Dentelles : elle était allée voir le 19 une personne au service de la famille de l'enfant mort la veille. La curiosité l'avait poussée à rester auprès du cadavre.

Le 24 août, l'oncle de cette jeune fille, chez laquelle elle demeurait, est atteint de cholérine; le 25, il a le choléra. Sa femme n'est atteinte que de cholérine. Un habitant du rez-de-chaussée de la maison est atteint de choléra le 24 au matin et meurt le lendemain. M. C..., habitant le premier étage du bâtiment situé sur la rue, et M. G..., habitant le premier étage d'un bâtiment situé sur la cour, sont frappés le 24 et 25. M. C... meurt ; après lui sa fille est atteinte et guérit. Le 28, une servante et une femme de charge de la famille sont frappées et meurent successivement. Madame C... est gravement malade. Le 30 août, la fille de la femme de charge, qui avait soigné sa mère, est atteinte et meurt.

M. Spindler ne s'est pas borné à montrer la propagation dans les maisons voisines, il a recherché le lien qui a rattaché d'autres foyers à ce foyer primitif.

Dans une rue éloignée, le choléra se déclare chez une garde qui a soigné un des malades de la rue des Dentelles ; elle meurt. Une femme de la maison voisine est frappée immédiatement après et meurt. Deux personnes qui habitent la maison de cette dernière délogent le lendemain : l'une d'elle est atteinte dans son nouveau logement au bout de deux jours, et la deuxième au bout de quatre jours. Elles ont succombé toutes deux.

Un troisième foyer éloigné se rattache encore à celui de la rue des Dentelles par l'intermédiaire d'un homme qui avait passé la journée dans la maison infectée ; son fils, qui ne l'avait point accompagné, est frappé à son tour [1].

Des circonstances où la transmission a été plus frappante encore, si cela est possible, ont été rapportées par M. le docteur Benoît [2].

[1] Spindler. *Le choléra à Strasbourg*. 1849.

[2] *Du choléra dans la vallée de Giromagny, et des moyens qui ont réussi à*

Ce médecin distingué a pu suivre le fil qui reliait entre eux 15 cas de choléra sur 16 qui se sont montrés dans un petit village situé au pied du Ballon d'Alsace, le Puix.

Le premier cas y éclate le 13 août 1854 ; la malheureuse victime fut une mendiante errante venant de Belfort, où régnait l'épidémie ; elle demande l'hospitalité chez Marsot, maréchal du village, y tombe malade, et meurt le lendemain avec tous les signes du choléra algide. Le 16, Marsot est frappé à son tour, et guérit. Le 18, la femme Sténacre, qui a prié auprès du cadavre de la première victime, est atteinte, et meurt le 22. Le mari de cette femme, qui, malgré la défense faite par le médecin, avait continué de coucher dans le lit commun, meurt du choléra. Ses trois enfants sont lavés, habillés à neuf et éloignés, et la maison est fermée. Le 25, Perrot, voisin de Sténacre, est atteint et succombe. Un autre voisin renvoie des ouvriers qui habitaient chez lui : deux d'entre eux vont loger chez Collin, à l'autre extrémité du village : l'un d'eux, Courtaut, tombe malade le 29, et veut rentrer à son village natal, qui est à deux lieues ; ne pouvant continuer sa route, il est recueilli à moitié chemin dans le village de Chaux, par Serre, chez lequel il reste quelques heures, puis est transporté chez lui, enveloppé dans une couverture appartenant à Serre. Le 30, Muller, autre ouvrier logé chez Collin, a le choléra, et meurt le 31. Le 1er septembre, c'est l'enfant de Collin, le logeur ; et le 2 septembre, Desneuty, autre pensionnaire de Collin ; ce jour-là encore la servante du logeur, qui était demeurée près des deux malades, meurt du choléra. La femme et les enfants de Collin sont renvoyés par ordre du médecin, qui prescrit la désinfection et la fermeture de la maison. Le mari seul résiste et se couche dans le lit où son enfant était mort ; il est frappé, et meurt lui-même dans la nuit du 4 au 5 septembre.

Sa femme, rentrée depuis la maladie de son mari, est atteinte le 6, et guérit.

Le 29 août, la voisine de Perrot, la jeune Jeannenot, est atteinte de choléra, et guérit.

Revenons au foyer déterminé par la maison Collin. La femme Copatey, habitant la maison voisine, est atteinte le 11, et meurt

arrêter les progrès de l'épidémie, par H. Benoît, médecin par intérim des épidémies dans l'arrondissement de Belfort. Strasbourg, 1855.

le 12. La fille de cette femme, qui avait négligé d'exécuter les prescriptions de désinfection, est atteinte le 15, et meurt. Le dernier cas du village est fourni, le 23 septembre, par Claudel, ivrogne qui demeurait assez loin. C'est le seul cas pour lequel la filiation ne soit pas apparente.

On se rappelle que Serre avait recueilli un malade, et lui avait prêté une couverture. Sa femme va, le 29 août, la chercher dans le village voisin, la rapporte à la maison ; elle est atteinte du choléra le 2 septembre, et succombe : c'est le premier cas du village de Chaux. Serre refuse de détruire les objets qui avaient servi à sa femme ; sa mère et un jeune enfant qui habitaient la chambre où elle était morte succombent le 7 et le 8 septembre.

Les faits se succèdent dans le village de Chaux dans les mêmes conditions que dans celui du Puix.

Ainsi donc, du 13 août au 23 septembre, 16 cas seulement de choléra ont été observés au Puix, le premier manifestement importé, les autres dans un enchaînement continu avec celui-ci ; les dates de leur apparition sont : 13, 16, 18, 22, 25, 29 août (2 cas), 31, 1er septembre, 2, 4, 5, 7, 11, 15, 23. Ce fut la totalité des cas observés pendant quarante et un jours ; la moyenne de l'incubation, pour chaque cas, a été de soixante heures.

Ces divers exemples sont décisifs et prouvent que le malade atteint du choléra peut déterminer la reproduction de la maladie autour de lui.

Par quelle voie s'opère cette transmission ?

Ce qui semble à peu près démontré, c'est qu'un simple contact du malade avec une personne saine est sans danger ; le choléra n'est donc pas une maladie contagieuse dans le sens rigoureux de ce mot, comme l'est par exemple la gale ou la teigne.

Les dernières recherches instituées par MM. Petenkoffer et Thiersch à Munich, par M. Lindsay à Londres, par M. Charles Robin à Paris, démontrent que si les déjections des malades ne sont peut-être pas le seul véhicule par lequel la maladie se reproduit et se perpétue, elles sont l'agent le plus actif de la transmission du choléra.

En effet, l'on a pu à volonté reproduire le choléra sur des animaux, en leur faisant avaler des déjections en quantité minime. Les expériences faites par M. Thiersch, sont particulièrement probantes. Son procédé expérimental a été le suivant :

Il a mêlé à la nourriture d'un certain nombre de souris de petits morceaux de papier à filtre, d'un pouce carré, trempés dans le liquide intestinal de cholériques, puis desséchés. Cette imbibition a été pratiquée sur un liquide frais, puis sur du liquide rejeté depuis six jours et conservé à la température de 10 degrés, enfin sur un liquide plus ancien : 104 souris ont avalé des fragments de ces papiers ; celles qui ont été soumises au traitement des déjections fraîches n'ont offert aucun symptôme morbide. Ce qui est caractéristique, c'est que sur 34 qui ont avalé du papier trempé dans des déjections anciennes de trois à neuf jours, 30 devinrent malades et 12 moururent. Les symptômes qu'elles présentèrent furent des selles aqueuses, la disparition de l'odeur de l'urine, puis la suppression de celle-ci. Enfin quelques-unes offrirent, avant de succomber, une roideur tétanique. Il n'y eut jamais de vomissements.

Les recherches faites sur les cadavres de ces animaux révélèrent les lésions propres au choléra qui sont : le dépouillement de l'intestin par la disparition d'un tissu spécial, l'épithélium, qui est pour ainsi dire le vernis qui s'oppose à la transsudation à travers les membranes muqueuses en général ; une dégénéresence graisseuse spéciale du tissu des reins et la vacuité de la vessie.

Les papiers imbibés de déjections plus anciennes ne produisirent aucun effet.

Il semblerait au premier abord qu'en tenant ainsi d'une manière certaine la substance qui donne le choléra, il soit aisé de la reconnaître par le microscope ou l'analyse.

Il n'en est rien cependant, et parmi les nombreuses recherches qui ont été faites, il n'en est aucune qui approchait ce résultat. Cette lacune n'est pas unique dans la science, car jusqu'à ce jour on n'a pu distinguer par aucun moyen ni par le grossissement ou par le secours de la chimie, la salive du chien qui donne la rage, par exemple, quand elle est inoculée, de la salive normale.

En dehors des expériences faites sur les animaux en Allemagne et en Angleterre, et que M. Robin vient de répéter avec succès à Paris, d'autres faits viennent déposer de l'influence pernicieuse des déjections cholériques versées dans des fosses d'aisance communes ou ayant adhéré à des linges, des vêtements, etc.

Voici un fait que rapporte le docteur Guastalla de Trieste :

Un individu guéri du choléra envoie blanchir son linge dans son village natal, à Rovigno, où il n'y eut pas d'autres cas de choléra que ceux présentés par trois femmes de sa famille, qui lessivèrent le linge et moururent toutes trois.

On a voulu arguer contre l'action des déjections cholériques par une prétendue immunité dont auraient joui les individus occupés aux vidanges de la ville de Paris. Outre qu'aucune statistique ne vient à l'appui d'une pareille assertion, il faudrait encore remarquer que si réellement cela existait, cette immunité ne prouverait absolument rien, attendu que ces individus sont exposés aux émanations de déjections anciennes et dont la fermentation a modifié la composition chimique.

On a remarqué aussi que les cadavres des cholériques pouvaient devenir des causes de reproduction de la maladie ; les exemples sont assez nombreux dans la science ; en voici un :

Un des aides de camp du roi de Grèce, le général Miaulis, quitta Munich, où sévissait le choléra, le 11 novembre 1856 ; il tomba malade en route, dut s'arrêter dans un village déjà éloigné, où il n'y avait pas de cholériques, et y mourut du choléra dans la nuit.

Le 16 au soir, l'un des hommes qui avaient veillé auprès du cadavre fut atteint par le choléra, et succomba le lendemain.

Le 19, un deuxième homme, qui avait rempli le même office, fut frappé ; il mourut le 21. La femme et l'enfant de ce dernier eurent le même sort le 1er décembre.

En somme, des faits nombreux observés en tout temps et recherchés avec soin dans la dernière épidémie ont suffisamment prouvé qu'une influence cholérigène peut être développée par les cholériques ou par leurs émanations sur le milieu dans lequel ils sont placés, que par conséquent les malades sont une cause de propagation du choléra ; que le germe de cette maladie se perpétue en passant par l'organisme humain et que rejeté par celui-ci avec les sécrétions naturelles ou morbides, il peut conserver au dehors une efficacité dont la durée n'a pu encore être exactement déterminée, mais qui ne paraît pas pouvoir être longue ; que dans cet état extérieur à l'homme le germe peut être de nouveau absorbé sans inconvénient pour le plus grand nombre, mais non sans danger pour quelques-uns. Cette manière de comprendre le mode de propagation du choléra avait été adoptée depuis longtemps

par les médecins allemands ; en France on était parti d'idées complétement opposées en 1832, et on avait persisté malgré les preuves les plus éclatantes à nier la transmission du choléra par l'homme ; il semble depuis 1854 et surtout depuis les derniers faits, qu'il reste peu de défenseurs de l'opinion née il y a trente ans d'une impression, et non de la recherche des faits.

Ce qui est certain c'est que dans les conseils du gouvernement français l'opinion de la propagation par l'homme a prévalu, puisque la conférence internationale proposée par lui, à son plus grand honneur, n'a de raison d'être que si le choléra se propage par les hommes ou par ce qui en émane.

Mais si le mode de propagation du choléra semble aujourd'hui bien connu, grâce à des recherches persévérantes qui souvent ont dû, pour être produites, braver bien des rancunes, il faut malheureusement reconnaître que dans ce terrible problème bien des points très-importants n'ont pas encore été résolus. Il en est ainsi en premier lieu au sujet de la réceptivité et de l'immunité des personnes et des lieux. Pourquoi le germe cholérique, émis par un nombre souvent si restreint de malades, acquiert-il quelquefois en un temps si court une si terrible énergie ? pourquoi dans d'autre cas semble-il frappé d'impuissance ?

L'histoire de toutes les épidémies de choléra, à quelque point de vue qu'on les ait comprises, nous a fait connaître quelques conditions favorables au développement du mal chez certaines personnes et dans certains lieux.

Une maladie antérieure, une alimentation mauvaise, la faiblesse du système nerveux, l'alcoolisme, etc., rendent l'organisme plus apte à être frappé.

L'insalubrité, la malpropreté, l'accumulation des immondices, le manque d'aération, la situation déclive, le voisinage des rivières, etc., semblent avoir souvent fixé le germe et en avoir exalté l'activité.

La chaleur excessive, l'humidité de l'atmosphère, ont encore agi ainsi.

Parmi les circonstances restrictives à l'endroit des personnes, on trouve l'intégrité habituelle de la santé, la vigueur du système nerveux, le bien-être que donne la fortune et par-dessus tout l'éloignement des sources de transmission.

L'abaissement de la température a presque toujours anéanti

ou endormi la puissance du germe ; le réveil a été quelquefois terrible.

Les conditions qui restreignent le développement du germe dans une ville sont : l'assainissement, la grande aération des voies publiques, l'enlèvememt régulier des immondices, etc.

Un des arguments qu'on a cherché à faire valoir contre l'importance de la transmission a été tiré de l'humidité de certaines localités. Cette immunité a été frappante, à quoi tient elle ?

Si le germe importé dans certaines localités ne peut s'y développer, cela doit conduire à penser qu'il y rencontre une force antagoniste qui amoindrit sa vitalité ou la détruit. Quelle est cette force? Où est son siége, on l'ignore. Les recherches de MM. Fourcalut et Boubée tendent à démontrer qu'en dehors de l'altitude à laquelle on doit reconnaître une action marquée, les localités qui ont été le plus éprouvées sont généralement bâties sur des terrains d'alluvion, sablonneux, calcaires, et que celles qui ont été le moins atteintes, ou ont joui d'une immunité complète, se trouvent au contraire sur des roches granitiques.

Comment cette différence de sol agit-elle sur l'activité du germe? Ne peut-on pas supposer que l'humidité persistante des premiers sols puisse maintenir l'efficacité du germe?

Pettenkoffer est arrivé à conclure que l'état physique du sol, non-seulement pour les localités entières, mais pour chaque maison en particulier, et sa porosité plus ou moins grande, bien plus que sa constitution chimique, déterminent l'aptitude qui favorise ou enraye le développement du choléra importé ; que l'altitude relative, et non absolue, est la condition la meilleure, la déclivité la plus mauvaise ; que ces conditions différentes sont dues à la direction que la déclivité du sol imprime aux déjections des malades et à leur évaporation plus ou moins facile à travers des terrains poreux ou compactes.

On a imaginé bien des circonstances chimiques ou physiques qui résulteraient d'actions récriproques entre l'atmosphère et chaque espèce de sol, et desquelles naîtrait la force qui annule l'effet toxique du germe cholérique.

Le champ des hypothèses, à cet endroit, est sans limites. L'ozone et l'électricité ne peuvent être considérés comme efficients ; car les dernières recherches mettent hors de doute que si, dans la même épidémie, l'un ou l'autre de ces agents manquaient,

en un point, dans un lieu voisin également frappé, ils n'avaient éprouvé aucune modification. Mais il pourrait se faire que l'absence ou la présence de ces éléments eussent une influence sur le développement ou l'abaissement de l'énergie du germe.

En un mot, toutes les circonstances extérieures qui viennent d'être énumérées semblent avoir sur le germe cholérique une action analogue à celles qu'elles exerçent sur tous les germes organisés dont nous sommes entourés, et qui vivent, se développent ou périssent, selon que le lieu où ils se déposent leur offre ou leur refuse les conditions nécessaires à leur existence et à leur multiplication.

IV

Prophylaxie publique. — Quarantaines. — Cordons sanitaires. — Mesures relatives à la préservation locale.

Où est le remède qui pourrait empêcher une nouvelle invasion du choléra, et que peut-on tenter pour en restreindre les effets meurtriers quand celle-ci est malheureusement effectuée?

Les notions que nous possédons sur les causes qui font naître le choléra sur les bords du Gange, sont trop imparfaites pour que l'on puisse avec apparence d'utilité discuter dès à présent ce qu'il conviendrait de faire pour s'opposer à sa naissance.

Mais on peut en arrêter la propagation et au moins la restreindre.

Ce n'est pas là une présomption. L'expérience a été souvent tentée avec succès.

Dans les épidémies de 1849 et de 1855, plusieurs États de l'Allemagne se sont préservés par des cordons sanitaires ; et pendant la dernière épidémie, la Sicile et les États romains ont retiré un grand avantage de ces moyens de sécurité.

Il appartiendra surtout à la commission internationale qui va se réunir à Constantinople, de débattre et de fixer les règles de quarantaine qui pourront concilier la préservation des populations avec les plus puissants intérêts commerciaux et sociaux.

Quand le choléra a envahi une contrée, on peut intervenir avec une grande chance de succès, en s'attachant par tous les moyens à empêcher la propagation de se faire autour des premiers cas de choléra qui se produisent et qui sont peu nombreux. Les résultats

les plus évidents ont été obtenus dans cette voie. Qu'on en juge par un exemple :

Le choléra éclate à Bade en 1855. Les premières maisons atteintes ont été évacuées par mesure de l'autorité, et 210 personnes qui y logeaient ont été installées dans une vaste caserne, et surveillées par les médecins de l'État. Pas un seul cas de choléra ne s'est montré parmi elles. Que pense-t-on qu'il serait arrivé si ces 210 individus étaient restés dans le foyer infecté, et quel est l'appoint qu'ils auraient pu fournir à la mortalité et à la propagation.

Quelles sont les mesures à prendre pour empêcher ou restreindre la propagation ?

Tout d'abord il faut que l'hygiène et la santé publiques soient activement surveillées par des médecins représentant l'autorité, quand une épidémie de choléra est signalée à quelque distance que ce soit. Il faut que tous les médecins du pays soient conviés à faire connaître les symptômes suspects qu'ils pourraient reconnaître chez leurs malades. Des hôpitaux spéciaux doivent être préparés dans les grandes villes, qui ont toujours été les premières frappées.

En ce moment, où aucun cas de choléra n'a encore été observé à Berlin, des hôpitaux spéciaux sont tout prêts.

Le choléra venant à apparaître, il faut, autant que possible, transporter les malades dans les hôpitaux ; il faut faire évacuer les maisons atteintes, procéder à la désinfection des chambres par la combustion de soufre, et à celle des fosses par le sulfate de fer. La literie et les objets ayant servi aux malades doivent être détruits. Les personnes renvoyées de la maison doivent être surveillées attentivement.

Si le placement des malades à l'hôpital n'est pas praticable, il faut empêcher les curieux et les visiteurs inutiles de rester auprès des malades, aérer l'appartement, répandre du soufre en fleur, désinfecter les déjections et les faire enfouir.

S'il y a des morts, il faut que les cadavres soient enlevés rapidement, et placés dans un lieu de dépôt hors de la ville. L'ensevelissement et la sépulture doivent être soumis aux règles que l'on exige pour le transport des cadavres.

Comme malheureusement les déshérités de la fortune fournissent les premières victimes, il faut que l'autorité indemnise largement les familles des dépenses auxquelles elles seront obli-

gées dans un but de sécurité générale (fumigation, destruction d'effets mobiliers, etc.). Il faut qu'elle intervienne au même titre et avec la même vigueur que si un incendie qui pourrait embraser la moitié de la ville, venait à se déclarer.

Ce serait commettre l'erreur la plus complète et la plus fatale que de s'arrêter devant la crainte imaginaire d'effrayer une population par l'application de ces mesures. L'expérience est faite : c'est le résultat contraire qui a lieu. Partout en Allemagne, où des mesures administratives ont été prises pour arrêter la propagation du choléra, le calme et la sécurité ont remplacé l'anxiété générale ; on sait que l'autorité veille avec sollicitude, et la tranquillité est en raison de la confiance que l'on a dans l'efficacité évidente des moyens employés.

Il ne faut pas craindre de dire la vérité sur la transmissibilité du choléra. Il faut répéter que la maladie n'est pas transmissible par contact, qu'en aérant les appartements, en prenant certaines précautions, on est presque sûr de l'immunité ; mais qu'il soit publié hautement que les déjections du malade répandues au hasard peuvent devenir un poison mortel.

Il est impossible de faire, dans l'action générale, la part qui revient à chacun des éléments de la transmission ; mais les faits semblent prouver que les déjections et les objets souillés sont les agents les plus dangereux. Il est donc absolument nécessaire de faire enfouir les déjections immédiatement après leur émission, ou de les rendre inertes en les mélangeant avec une solution de sulfate de fer au 8e ; il faut aussi que les linges soient lessivés rapidement.

L'observation de toutes ces règles peut devenir difficile dans une grande ville, quand on a laissé au mal le temps de grandir ; mais si l'on se rappelle que quelquefois, pendant des semaines entières, le nombre des malades qui ont été l'origine des plus épouvantables désastres est demeuré très-restreint, on est en droit de demander les plus grands sacrifices pour le cas où de semblables circonstances pourraient se représenter.

Nous sommes en ce moment, en ce qui concerne Paris et beaucoup d'autres villes de France, dans une situation qui se rapproche de celle-là. Il est bien possible que le retour des chaleurs n'ait aucune influence fâcheuse, et ne détermine pas une recrudescence du choléra ; mais le passé est là pour nous apprendre

que, bien souvent, il en a été autrement. Le germe de la maladie se perpétue dans ce cas par un petit nombre de malades durant l'hiver ; ce sont ceux-là qui transmettent la semence, à laquelle le printemps peut rendre toute son énergie. C'est sur ces malades qu'il faut rompre la chaîne, en appliquant à leurs personnes et à leurs émanations des mesures qui, pour être moins urgentes qu'au début d'une épidémie, ne sont point dépourvues d'une sérieuse utilité.

Dr Jules Worms.

SYLVICULTURE

DE L'INFLUENCE DES FORÊTS

SUR LE CLIMAT, LE SOL ET LES EAUX.

La propriété forestière de l'État, entamée à plusieurs reprises depuis le commencement de ce siècle, a couru cette année des dangers qui ont ému la presse, et le public, plus que ne l'avaient fait les atteintes antérieures. Jusqu'ici les aliénations de forêts domaniales n'avaient eu lieu que dans des moments de crise, et le seul motif proposé pour les faire admettre, j'allais dire pour les excuser, était la nécessité et le malheur des temps. Mais aujourd'hui, en présence d'une situation financière qu'on nous déclare florissante, demander l'aliénation de cent millions des forêts pour donner une impulsion plus active à quelques travaux publics, c'est admettre en principe que l'État, pris dans le sens le plus large du mot, c'est-à-dire la nation entière, n'a aucun intérêt à rester propriétaire des masses boisées qu'il possède encore actuellement. Aussi, les publicistes qui ont traité cette question ne se sont-ils pas trompés sur la véritable portée du projet de loi, et l'ont-ils discuté sous son aspect le plus étendu, en attaquant ou en défendant le principe même de la propriété au point de vue forestier.

Il est vrai qu'au Sénat, M. Larabit chargé du rapport à faire sur diverses pétitions tendant à conserver les forêts de l'État, a déclaré que les considérations présentées étaient justes, et que le Sénat désapprouverait certainement toute mesure devant amener la vente d'une grande partie de nos forêts, mais que l'émotion du public était mal justifiée, car dans le projet en question il ne s'agissait que d'une faible portion du sol forestier.

Par malheur, bien des fois déjà ce raisonnement a été reproduit devant les assemblées législatives, et M. Laffitte, proposant en

1831 une mesure semblable, ne disait pas autre chose : « Le sol boisé n'est pas compromis par les aliénations, attendu que nous conservons une plus grande étendue que celle que nous vendons. »

Avec un semblable raisonnement, on arriverait à réduire à néant les forêts domaniales, et cependant il a bien des fois déjà endormi l'attention publique.

Examinons les résultats qu'ont produit ces ventes, soi-disant nsignifiantes.

On a aliéné, avec faculté de défricher :

De 1814 à 1820.	163,915 hect.
De 1826 à 1851.	216,000
De 1852 à 1864.	62,691
Total.	442,606

sans compter 11,185 hectares de communaux vendus sous la même condition de 1855 à 1864.

Certes, une pareille surface n'est pas sans importance, même si on la compare aux 1,100,000 hectares de bois que l'État possède actuellement.

Mais, dit-on, si on aliène d'un côté, on reboise de l'autre. Voyons à combien s'élèvent ces reboisements depuis la loi de 1860 jusqu'en 1864 :

Reboisements effectués par l'État.	6,843 hect.
Par les communes.	28,103
Par les particuliers.	6,061
Total.	41,007

Ces résultats ne seraient pas à dédaigner s'il s'agissait de surfaces reboisées à tout jamais et d'une manière certaine ; mais prétendre, par des repeuplements, faits pour la plupart dans les conditions les plus défavorables, et dont les plus âgés ont quatre ans, remplacer des bois en pleine croissance, cela ne se peut soutenir devant quiconque sait avec quelle peine on reboise des terrains infiniment meilleurs que ceux dont il s'agit. Ajoutons que nous ne sommes pas encore bien éloignés des inondations qui ont tant ému les esprits, et décidé la promulgation des lois de 1860, qu'en France on a souvent plus d'enthousiasme pour les nouveautés que de persévérance dans les entreprises, et qu'il est à craindre que le

souvenir des désastres passés s'effaçant peu à peu, on ne se fatigue bientôt de l'œuvre longue et souvent ingrate des reboisements.

En regard de cette opération tant vantée, examinons les résultats du défrichement exécuté par les particuliers. Depuis seize ans, les défrichements autorisés annuellement s'élèvent à 1,500 hectares environ. M. Becquerel, dans le rapport qu'il a lu à l'Académie des sciences sur les forêts, et leur influence climatérique, évalue à 9,000 hectares les défrichements illicites, et ceux effectués sans autorisation en vertu de la loi; à 6,000 hectares la contenance des bois domaniaux aliénés et annuellement défrichés par suite du contrat de vente, et à 1,000 hectares les bois communaux détruits de la même manière : au total 31,000 hectares. « De sorte, ajoute--il, que, si on continue dans la même proportion, on aura défriché dans un siècle 3,100,000 hectares sur les 8,804,550 que la France possède actuellement. » Remarquons en passant que les 3 millions d'hectares défrichés seront précisément les plus productifs, car le bois, tout en étant moins difficile sur le terrain que les autres productions, n'en préfère pas moins en général les bons sols aux mauvais.

On le voit, les 10,250 hectares sur lesquels des reboisements ont été annuellement tentés, nous n'osons dire effectués, depuis quatre ans, sont loin de compenser les surfaces déboisées sur notre territoire.

Faut-il maintenant admettre, avec M. le ministre des finances, que les besoins de la France diminuent sous le rapport de la consommation ligneuse, que l'usage de la houille tend à remplacer celui du bois, et que l'importation n'a pas augmenté dans ces dernières années.

M. de Lapparent, directeur des constructions navales, dans un ouvrage remarquable sur le dépérissement des coques de navires, évalue à 5,510,000 mètres cubes par an la consommation de la France en bois d'œuvre et de construction; c'est une quantité importante, quoi qu'en dise M. le ministre. Diminue-t-elle? Les chiffres fournis par le ministère des finances lui-même vont répondre.

En 1854, l'importation était d'après les tarifs publiés par l'administration des douanes de 58,500,000 fr. en 1863, elle est portée à 133,000,000 fr.; elle a donc augmenté pendant ce laps de

temps assez court, de 74,500,000 fr. — Sans doute dans la chaleur de la discussion, M. Fould a pu oublier les chiffres émanant de son ministère; mais que penser de M. Michel Chevalier, économiste de profession et membre de l'Institut, devant par conséquent quelque respect aux statitisques, lorsqu'il assure dans une lettre publiée par le *Journal des Débats*, que la France exporte beaucoup plus de bois qu'elle n'en reçoit de l'étranger, que penser, dis-je, de cette allégation quand on voit dans les tarifs douaniers que, depuis 1864, les importations ont toujours été supérieures aux exportations, que la différence en 1854 était de 50,300,000 fr., et en 1863, de 99,500,000 fr.; qu'enfin pendant ces deux années nous avons payé à l'étranger une somme de 813,800,000 fr., excès des importations sur les exportations. Mais, dit M. Fould, l'usage de la houille pour les foyers, et du fer pour les constructions, tend à remplacer celui du bois. Nous l'admettons pour le temps présent ; mais la houille ne se renouvelle pas comme les arbres, et dès qu'elle sera épuisée, il faudra revenir au bois et pour le chauffage et pour le travail du fer. Or, en Angleterre, on commence à s'inquiéter vivement de la diminution des mines de charbon. N'y a-t-il pas lieu de se préoccuper sérieusement de ce qui nous attend en France, quand on songe que la surface des houillères anglaises est d'environ 1/20 du territoire, tandis que dans notre pays, elle n'en forme que 1/200.

Ces questions économiques ont du reste été traitées à fond par la presse quotidienne ; mais quant à l'influence des bois sur l'atmosphère, le sol et les eaux, on s'est borné en général à la signaler sans l'approfondir. La question a été seulement effleurée devant le Sénat, et quelques mots de doute échappés à Gay-Lussac ont paru suffisants à M. le ministre pour rejeter des croyances universellement répandues.

Nous pensons qu'il sera intéressant de mettre en regard du doute émis par l'illustre savant, l'opinion d'autres savants non moins recommandables et les observations qui peuvent éclairer la question.

I

Influence des forêts sur l'état climatérique, — sur la conservation du sol, — sur le régime des eaux et le débit des sources, — sur la salubrité.

Les forêts paraissent exercer une influence notable sur l'état hy-

grométrique, et sur l'état thermométrique de l'atmosphère. L'humidité apportée par les pluies, qui disparaît si promptement, par évaporation, lorsque le sol est découvert, se conserve longtemps sous l'épais abri des bois. L'état physique du sol contribue grandement aussi pour sa part à la conservation de l'eau qu'il reçoit. En effet, dans tous les bois, mais surtout dans les futaies, il est revêtu d'une couche épaisse de feuilles mortes et de mousses, qui forment un tissu spongieux et traversé par d'abondantes racines; de sorte que là, plus que partout ailleurs, il est apte à se laisser pénétrer par l'humidité et à la retenir. Qu'on parcoure les forêts, au moment où une longue sécheresse a crevassé les terres cultivées, on y trouvera toujours, pour peu qu'on soulève l'espèce de feutre dont nous avons parlé, une fraîcheur remarquable. Or, cette humidité, les arbres la répandent chaque jour dans l'atmosphère par transpiration; elle se condense pendant la nuit, et revient à la terre sous forme de rosée. Lors même que la sécheresse dure depuis longtemps, les arbres vont chercher encore dans les profondeurs du sol, à l'aide de leurs longues racines, l'eau qu'ils ne trouvent plus à sa surface et la répandent dans l'air. Ainsi l'on peut considérer les forêts comme de vastes réservoirs, où s'amassent et se conservent d'énormes quantités d'eau, destinées à compenser l'absence des pluies. Cette action des forêts a du reste été admise par M. Becquerel père, dans le remarquable rapport qu'il a présenté à l'Académie des sciences, sur leur influence climatérique, rapport que nous aurons souvent l'occasion de citer ici.

L'état thermométrique de l'air est aussi modifié par l'existence des bois. Le sol et les couches atmosphériques qui l'avoisinent sont soustraites par leur ombrage à l'action des rayons solaires; les surfaces refroidies par le rayonnement nocturne se trouvent augmentées par le développement des rameaux et des feuillages, et lorsque ces couches d'air sont disséminées par les vents, elles doivent abaisser sensiblement la température. Il résulte en effet des récits des anciens historiens, qu'au moment de la conquête de la Gaule par César, celle-ci, recouverte d'épaisses forêts comme la Germanie, présentait un climat beaucoup plus rude que celui de nos jours. Les observations de M. Boussingault, faites dans les parties chaudes de l'Amérique, sur des points sensiblement identiques quant à l'altitude, à la latitude, et à la constitution géologique du sol, l'ont amené à conclure que l'abondance des forêts,

conformément à la théorie, contribue à refroidir le climat et à le rendre plus humide. Il est vrai que M. de Humboldt, à la suite d'observations faites dans l'Amérique du nord, constate que la température moyenne n'a pas été modifiée à la suite de défrichements considérables; mais selon la remarque de M. Becquerel, dans le rapport cité plus haut, il a pu se faire que, la température moyenne restant la même, la répartition de la chaleur dans le cours de l'année fut changée, d'où aurait résulté une modification bien réelle dans le climat. Le même savant observe aussi que jusqu'à présent, il n'avait pas été tenu compte de l'influence exercée par la nature du sol défriché sur les effets du déboisement, influence qu'il a traitée *in extenso* dans son mémoire. La divergence d'opinions entre messieurs Boussingault et de Humboldt doit tenir à cet élément de la question négligé jusqu'ici. Au reste, le dernier de ces deux savants ne considère pas ses observations comme devant fixer l'opinion d'une manière définitive, car lui-même reconnaît que la présence des grands bois doit exercer une action frigorifique.

Considérées comme abris, les forêts influent d'une manière incontestable sur le cours des vents qui rasent le sol; et leur action sur l'état thermométrique de l'atmosphère variera avec leur position sur la carte. Dans notre pays, elles refroidiront ou réchaufferont une région particulière, suivant qu'elles lui serviront de rempart contre les vents du midi ou contre ceux du nord. Elles pourront encore, dans certains cas, opposer une barrière au cours des orages qu'elles contribuent puissamment à dissiper. De leur effet comme abri, on doit conclure que leur action sur le climat, tout en étant certaine, est très-complexe; de sorte que leur influence frigorifique, évidente dans certains cas, pourra être remplacée dans d'autres par l'influence contraire, lorsqu'elles feront obstacle aux vents froids. Ce dernier effet prédomine dans les vastes plaines ou les plateaux très-étendus; et il est permis de supposer que les déserts de la Perse et du Turkestan, ainsi que ceux de la haute Asie, où, suivant les voyageurs, des hivers d'une rigueur excessive succèdent à des étés brûlants, seraient exposés à des alternatives moins tranchées, si des forêts y venaient arrêter les courants d'air qui les balayent sans relâche. En Espagne, surtout dans les Castilles, l'influence du déboisement qui y est absolu est des plus sensibles. Tous ceux qui visitent ce pays sont frappés

de la froidure des nuits, contrastant avec la chaleur des jours, et de la violence des vents qui parcourent cette contrée dénudée.

Après les faits que nous avons exposés, et les avis des savants que nous avons cités, devra-t-on accepter comme une sentence de condamnation contre nos masses boisées, le doute émis par Gay-Lussac relativement à leur influence climatérique, à propos des lois sur le défrichement des bois de particuliers, doute qui forme une des bases des propositions de M. le ministre des finances. Nous ne le croyons pas, surtout en présence des termes dont s'est servi l'illustre physicien : « A mon avis, *on n'a acquis jusqu'à présent aucune preuve positive* que les bois aient par eux-mêmes une influence réelle sur le climat d'une grande contrée ou d'une localité particulière, que surtout ils aient une influence différente de celle de toute autre espèce de végétation. »

Certes, en parlant ainsi, Gay-Lussac n'avait pas en vue de trancher la question ; un doute exprimé en ces termes peut fournir des arguments contre une loi destinée à restreindre le droit de propriété, mais c'en est un bien faible pour motiver une destruction dont les résultats seraient irréparables.

L'influence climatérique des forêts a été adoptée par plusieurs partisans de l'aliénation ; mais ils ont cru pouvoir puiser dans leur effet frigorifique une objection contre l'utilité de leur existence. Se basant sur la remarque faite par M. Becquerel que, si le Sahara venait à être boisé, le climat de notre pays pourrait se refroidir au point de devenir identique à celui des régions de l'Amérique du nord, placées sous la même latitude, ils nous ont montré la Provence privée de l'oranger et de l'olivier, et notre climat ramené à ce qu'il était au moment de la conquête romaine. De tels arguments ne sont pas sérieux. Trop heureux de conserver les forêts domaniales, les adversaires du projet de loi ne songent nullement à reboiser le Sahara ou à rétablir en France les forêts gauloises, et en admettant que la destruction de nos bois amène une élévation dans la température, personne ne désirera l'obtenir si elle doit être achetée au prix de longues sécheresses et de chaleurs brûlantes, suivies de froids rigoureux. Tel serait sans nul doute l'effet du déboisement ; car, ainsi que nous l'avons exposé, les forêts par leur abri tendent à modérer l'action des vents, et, par l'humidité qu'elles emmagasinent et restituent ensuite, à combattre les sécheresses. Cette même humidité diminue le rayon-

nement nocturne, et par suite rend les nuits moins froides. Ce fait résulte des observations de M. Tyndall, qui ont prouvé que l'air chargé d'humidité se laisse moins facilement pénétrer que l'air sec par les rayons calorifiques, surtout par les rayons obscurs. L'effet de ces diverses influences des bois doit donc être une température plus constante.

Si l'influence des forêts sur les climats a été parfois contestée, leur action sur le sol est évidente. Elle est plus ou moins importante, suivant qu'on la considère dans les plaines, dans les montagnes ou sur les bords de la mer.

La culture forestière par sa nature se passe de tout engrais, et en répand même sur les terrains qui en sont dépourvus. Elle est donc excellente pour améliorer les sols improductifs, ou pour conserver ceux que l'on ne pourrait maintenir à l'état fertile sans des dépenses considérables. Cette différence entre la culture des bois et celle des champs tient à diverses causes. A la surface de ces derniers, l'humus, exposé à l'action alternative et continue des agents atmosphériques, est sans cesse détruit et brûlé par ceux-ci. Dans les forêts, au contraire, il est protégé par un couvert épais contre l'action du soleil et de la pluie. En outre, la culture agricole dépouille complétement chaque année le terrain des végétaux qu'il a nourris, et enlève avec eux tous les principes nutritifs qu'ils se sont assimilés. Dans les forêts, les feuilles accumulées sans cesse rendent continuellement au sol les principes absorbés et l'enrichissent de ceux qui sont puisés dans l'atmosphère; puis quand vient le moment de l'exploitation, on enlève seulement les produits ligneux du terrain, lui laissant tout l'engrais dont il a bénéficié depuis la dernière coupe. Ce fait explique comment des terrains d'une composition minéralogique assez ingrate se trouvent enrichis lorsqu'une ou plusieurs générations de futaies ont vécu à leur surface. Nous disons de futaies, car c'est sous cette forme que les forêts déploient au plus haut degré leur puissance conservatrice et améliorante. Cependant les sols recouverts de taillis sont encore supérieurs sous ce rapport aux cultures agricoles; mais ils finissent souvent par s'épuiser, tous les quinze, vingt, ou trente ans, suivant la durée de la révolution adoptée; ils éprouvent, en effet, l'action des agents atmosphériques que les terrains agricoles supportent annuellement.

Dans les montagnes, l'influence que nous venons de signaler, est

plus importante que dans les plaines, à cause de la nature généralement plus ingrate du sol. Il s'y joint un autre effet qui est capital : le maintien des terres sur les pentes. Il n'est pas nécessaire que l'inclinaison soit bien considérable pour que les eaux pluviales ravinent le terrain, surtout s'il est de nature siliceuse. Il se forme ainsi une quantité de lits de torrents qui s'élargissent à chaque nouvel orage, et entraînent bientôt tout le sol meuble dans les vallées, où il va ensabler les rivières, laissant le roc nu et improductif [1]. Cet effet s'est produit dans la plupart de nos chaînes de montagnes ; et les lois de 1860 sur le reboisement ont eu pour but d'y remédier, ou de le prévenir là où il en est temps encore, tout en régularisant le régime des eaux, lequel est solidaire de l'état du sol. Partout, en effet, où les forêts existent, leurs racines entrelacées retiennent les molécules terreuses, et empêchent la formation de nouveaux lits de torrents, et l'élargissement des anciens. A cet égard, le gazonnement des pentes peut souvent suppléer au boisement. Aussi une loi en date du 8 juin 1864 a-t-elle prescrit de regazonner les pentes des montagnes par des semis, et par la réglementation du parcours des bestiaux dans les endroits où le reboisement ne serait pas indispensable : nous disons indispensable, parce que les graminées ne peuvent remplacer en tout lieu la végétation ligneuse. Dans les terrains très-meubles, les cimes des arbres et leur feuillage sont un abri nécessaire qui amortit le choc de la pluie, et l'empêche d'arriver sur la terre avec toute sa force ; de même, là où la pente est très-prononcée, et où l'on a sans cesse à lutter contre l'élargissement de torrents furieux, il faut chercher, dans les racines des arbres, des moyens de résistance et de maintien plus puissants que des touffes de gazon.

Il est à peine nécessaire de parler ici des forêts employées comme moyen de fixer les dunes. Depuis longtemps les travaux de Brémontier sont connus de tout le monde. On sait que sur les vastes plages sablonneuses, le moindre obstacle suffit pour former un monticule qui s'accroît par l'accumulation du sable qu'apporte le

[1] Suivant M. Hervé-Maugon, professeur à l'École impériale des ponts et chaussées, la Durance transporte chaque année 10,000,000 de mètres cubes de limon, contenant autant d'azote assimilable que 100,000 tonnes d'excellent guano, autant de carbone que pourrait en fournir par an une forêt de 49,000 hectares d'étendue. (*Revue des eaux et forêts*, p. 385; Novembre 1864.)

vent. Les eaux arrêtées par les chaînes de collines ainsi formées s'y infiltrent par capillarité et agglomèrent les grains de sable. Arrivée à une certaine hauteur, la dune ne s'élève plus, mais le vent en emporte continuellement la crête à mesure qu'elle se reforme, et une nouvelle ligne de dunes s'établit plus avant dans l'intérieur des terres. Les plantations de végétaux en général, mais surtout de végétaux ligneux, fixent ces sables envahissants et opposent une barrière infranchissable à un fléau toujours menaçant sur plusieurs points de nos côtes.

Comme on le voit, l'action des forêts sur le sol est des plus remarquables. Dans les montagnes et sur le littoral, elle a paru assez importante pour que le législateur crût devoir y prohiber le défrichement. Dans les plaines l'oubli qu'on en a fait a stérilisé des surfaces considérables. Tous les agriculteurs savent qu'un terrain nouvellement défriché, même quand il est naturellement stérile, paraît très-fécond pendant les premières années; mais qu'il s'épuise bientôt s'il ne reçoit des quantités considérables d'engrais, et qu'il devient promptement une lande inféconde ou tout au plus une maigre pâture. M. Becquerel fait remarquer dans le rapport cité déjà plusieurs fois, que nous devons à des défrichements inconsidérés les déserts de la Champagne et du Poitou, les marécages de la Bresse, du Forez, de la Sologne, du Berry, du Gâtinais et les landes de la Bretagne.

Nous avons déjà signalé l'action des forêts sur le régime des eaux, à propos de leur influence sur la conservation du sol. Se comportant en effet comme une éponge qui ne laisse l'eau s'écouler que lorsqu'elle en est saturée, étant en outre peu propre à la formation des ravins, le terrain boisé n'est pas favorable, comme les pentes nues, à la descente rapide des eaux fluviales. On pourrait comparer deux pentes, l'une couverte de forêts, l'autre défrichée depuis longtemps, et dénudée par l'action antérieure des pluies, comme on en voit souvent dans les montagnes, à deux toits, l'un en ardoise, l'autre en chaume. Sur le premier, l'eau, dès le commencement de l'averse, se précipite par torrents dans les gouttières; et la pluie a cessé à peine, que tout est déjà sec. Le second s'imbibe lentement, et d'abord ne laisse rien s'écouler; mais en revanche, longtemps après que le ciel est redevenu serein, l'eau tombe encore goutte à goutte.

D'autres causes agissent aussi dans le même sens : ainsi, la

pluie versée par les nuages ne tombe pas tout entière sur le sol. Une partie reste adhérente aux feuilles et aux rameaux, et remonte vers le ciel par évaporation. La fonte des neiges est aussi moins subite dans les montagnes revêtues de forêts, le terrain qu'elles recouvrent s'échauffant moins vite que les surfaces déboisées.

L'influence des forêts sur le régime des eaux a été étudiée d'une manière approfondie par trois agents forestiers, MM. Cantegril, Jeandel et Bellaud, à propos de la question capitale des inondations. Suivant eux, il faut chercher la cause et la mesure de celles-ci dans la quantité d'eau qui s'écoule immédiatement à la surface du sol; celle qui s'infiltre dans la terre, y pénétrant peu à peu, n'exerce qu'une action bienfaisante. Le problème à résoudre revient donc à diminuer l'écoulement superficiel en favorisant l'infiltration dans le sol, et à retarder la vitesse d'écoulement dans les ruisseaux et rivières.

En dehors de ces expériences faites dans le but d'obtenir des chiffres précis, il existe de nombreux exemples de l'effet utile des reboisements.

Dans le département du Tarn, la petite rivière de Caunau n'avait qu'un cours intermittent. Depuis le reboisement de la forêt ruinée de Montout, son cours est devenu régulier[1].

La Cèze et le Gardon qui prennent leur source dans les monts Lozère, et se jettent dans le Rhône, ont un régime sensiblement le même. Pendant les sécheresses, leur lit est souvent sans eau, mais qu'il survienne une pluie abondante, ces rivières se gonflent, refoulent leurs affluents et causent des désastres soudains. La Compagnie des mines de la Grand'Combe a, dès 1838, fait planter en pins maritimes 780 hectares, occupant les deux rives d'une des branches du Gardon supérieur, appelée Gardon d'Alais. Sur la rive droite, le massif est âgé actuellement de quinze à vingt ans; sur la rive gauche, les peuplements, encore très-jeunes, sont entremêlés de bruyères. Or, à chaque nouvelle pluie, les ruisseaux de la rive gauche charrient avec violence une eau bourbeuse, dont l'écoulement cesse peu après la fin de l'ondée, tandis que ceux de la rive droite transportent avec moins d'abondance une eau plus claire qui met longtemps à s'écouler.

[1] *Études sur l'économie forestière*, par M. Jules Clavé.

Le 11 octobre 1861, une trombe d'eau, qui s'abattit sur les bassins de la Cèze et du Gardon, y produisit des effets bien différents. La Cèze se gonfla et s'éleva de six mètres en moins d'une heure. Ses affluents, arrêtés, débordèrent également, et l'inondation qui couvrit tout le pays fit périr cent trois ouvriers dans les houillères de Lalle. La crue du Gardon fut également forte, mais bien moins violente que celle de la Cèze ; elle fut loin de produire des effets aussi désastreux[1].

Pour quiconque a parcouru les Alpes françaises, actuellement dénudées, et les Alpes suisses, où les forêts ont été mieux conservées, les effets du déboisement sont manifestes. Les premières offrent de nombreux lits de torrents ordinairement à sec pendant l'été, mais qui roulent à la fonte des neiges et au moment des orages, des ondes furieuses ; dans les secondes, au contraire, les torrents ne grossissent généralement pas assez pour causer de grands ravages.

Ce que nous avons dit sur le gazonnement à propros de la conservation du sol s'applique entièrement au régime des eaux. Dans beaucoup de cas, en conservant et en améliorant les pâturages non encore disparus, en en créant là où l'abus de la dépaissance les a anéantis, on parviendra à régulariser le cours des ruisseaux et des torrents. Il n'en est pas moins vrai que les versants boisés (les expériences de MM. Cantegril, Jeandel et Bellaud le prouvent) ont toujours une action inondante plus faible que les versants gazonnés, et que dans beaucoup de cas les graminées seront un obstacle insuffisant au ravinement des pentes.

Après les inondations de 1856, dont les désastres attirèrent l'attention sérieuse du public et du gouvernement sur les moyens de les prévenir, on étudia ceux de ces moyens qui devaient être employés de préférence. Les avis se partagèrent en deux camps bien distincts. Les uns voulaient qu'on opposât aux inondations des ouvrages d'art, sous forme de digues échelonnées sur les cours d'eau ; les autres proposaient que, s'en rapportant aux seules indications de la nature, on s'occupât de reboiser les régions montagneuses où ces cours d'eau prenaient naissance, autrement dit leurs bassins de réception. La loi du 28 juillet 1860 sur le reboisement, complétée par celle du 8 juin 1864 sur le regazonnement, donna

[1] *Revue des eaux et forêts.*

raison à ce dernier avis. Il est évident, en effet, que mieux vaut attaquer le mal à son origine, c'est-à-dire empêcher la formation des torrents, que de le combattre lorsqu'il a déjà pris de la force, en cherchant à ralentir ou à contenir le cours de ces torrents une fois formés. Quiconque d'ailleurs a vu la manière dont ceux-ci se comportent après un orage, reconnaîtra que les dépenses nécessaires au reboisement seront toujours bien inférieures à celles que nécessiteraient la construction et l'entretien des ouvrages d'art dont nous avons parlé.

Disons-le cependant; les digues peuvent donner de bons résultats, mais seulement comme auxiliaires des travaux de reboisement, et sous leur forme la plus simple, c'est-à-dire sous celle de barrages peu coûteux, établis, à l'origine des torrents, sur les premières ramifications qui les produisent. En cette matière, comme en beaucoup d'autres, plus on prend le mal à sa source, plus on est certain de réussir. Sans doute, les travaux exécutés ainsi n'ont rien qui puisse flatter l'orgueil d'un ingénieur; ce ne sont la plupart du temps que des ouvrages en fascines, tout au plus des murs en pierre sèche retenus par des pieux; leur effet est néanmoins excellent. Ces procédés combinés avec l'interdiction du pâturage ont fixé à Sisteron (Basses-Alpes) les terrains du Mollard dont les détritus couvraient les aires publiques. Ces procédés si élémentaires et si efficaces ont été imaginés par un simple garde communal de Sisteron, le sieur Jourdan, qui par la seule persuasion est parvenu, dans les forêts de Salignac, de Vilhosc, d'Entrepierre et de Sisteron, à faire établir et respecter trois cents de ces barrages[1].

A l'influence des bois sur le régime des eaux, nous rattacherons l'obstacle qu'ils opposent à la chute des avalanches. Beaucoup de villages des montagnes ne doivent leur conservation qu'à une forêt dont les arbres arrêtent ce redoutable fléau. Nous citerons en particulier le village d'Andermatt en Suisse, dans le canton d'Uri. Son existence dépend de celle d'une forêt de sapins qui couvre une pente ravagée chaque hiver par les avalanches. Ce fait est tellement avéré, qu'il est défendu d'en couper aucun arbre sous les peines les plus sévères.

Le village de Baréges était dévasté tous les ans par des avalanches

[1] *Annales forestières.* Année 1861, p. 240.

redoutables. Une commission, présidée par l'Empereur, a décidé que des plantations de pieux en bois seraient faites sur les pentes pour arrêter le glissement des neiges, en attendant la croissance de repeuplements dont l'exécution serait confiée à l'administration forestière.

Pour comprendre l'action des forêts sur le débit des sources, il est nécessaire de rappeler que celles-ci sont dues à l'infiltration des eaux, à travers une couche de terrain perméable, reposant sur une couche imperméable, un lit d'argile, par exemple. Entraînées par la pesanteur, les eaux descendent verticalement jusqu'à ce qu'elles rencontrent cette dernière sur laquelle elles glissent, dans le sens de la plus grande pente, jusqu'au point d'affleurement inférieur où elles apparaissent sous forme de sources ou cours d'eau.

Or, tout ce qui tendra à condenser et à retenir l'humidité sur une certaine surface, et à rendre le terrain superficiel plus pénétrable, contribuera à la formation ou à l'accroissement des sources. Ces deux fonctions sont remplies à merveille par les forêts. Nous avons déjà remarqué qu'elles conservent l'humidité du sol par leur couvert, qu'elles la recueillent par condensation, et que leurs racines y forment une sorte de drainage naturel qui favorise énergiquement les infiltrations. On devra donc en conclure que les bois sont des plus utiles pour alimenter les cours d'eau. Les exemples seraient innombrables à l'appui de cette opinion. M. Becquerel, dans son mémoire, en cite de très-frappants et entre autres ceux-ci. Suivant Strabon, les Babyloniens avaient à lutter énergiquement contre les inondations de l'Euphrate qui, grossissant lors de la fonte des neiges dans les montagnes d'Arménie, aurait couvert tout le pays, si on ne l'eût détourné à l'aide de saignées et de canaux. Au dire de M. Oppert, qui a parcouru cette contrée, les débordements n'ont plus lieu, et les canaux sont à sec, ce qu'il attribue au déboisement des montagnes d'Arménie.

Le fleuve Scamandre, en Troade, était navigable du temps de Pline; de nos jours, il n'a pu être retrouvé par Choiseul-Gauffier, et le desséchement de son lit coïncide avec la disparition des cèdres du mont Ida, où il prenait sa source.

Enfin, M. de Humboldt rapporte que le lac Ticaragua, situé dans la vallée d'Aragua, province de Vénézuela, éprouvait au commencement de ce siècle, depuis une trentaine d'années, un desséche-

ment graduel dont on ignorait la cause. En 1822, d'après M. Boussingault, le lac s'était accru, et recouvrait des terres antérieurement cultivées. La guerre de l'indépendance ayant en effet détruit la population, les forêts avaient regagné du terrain et rendu leur volume primitif aux rivières dont la réunion forme le lac de Ticaragua.

M. Boussingault cite encore d'autres faits analogues; dans les hauts plateaux de la Nouvelle-Grenade se trouve le village d'Ubate, voisin de deux lacs, autrefois réunis en un seul. « Les anciens habitants ont vu successivement les eaux diminuer et de nouvelles plages s'étendre d'année en année. Aujourd'hui des champs de blé d'une fertilité extrême couvrent un terrain qui était encore complétement inondé il y a trente ans. Il suffit de parcourir les environs d'Ubate, de consulter les plus vieux chasseurs du pays, pour rester convaincus que de nombreuses forêts ont été abattues. Les défrichements continuent et il est constant que la retraite des eaux, bien que beaucoup plus lente aujourd'hui, n'a pas encore cessé. »

Le séjour que M. Boussingault a fait avec M. le docteur Roulin dans l'Amérique équatoriale[1] lui a permis d'observer un fait complémentaire du précédent : c'est que là où il n'y a pas eu de déboisement, le niveau des eaux est resté sensiblement le même depuis la conquête jusqu'à nos jours.

La croyance à l'action des bois sur le débit des sources a rencontré des contradicteurs. Elle a été combattue par plusieurs ingénieurs des ponts et chaussées, entre autres par MM. Vallès et Belgrand ; mais il faut dire que leurs expériences ont été faites dans le bassin de la Seine, sur des terrains peuplés d'essences à feuilles non persistantes, et à une hauteur qui ne paraît pas excéder six cents mètres au-dessus du niveau de la mer. Certes, ces conditions ne ressemblent guère à celles qui se présentent dans les montagnes où les rivières les plus importantes prennent leur source. Là, les altitudes sont considérables, les pentes très-fortes, et les peuplements formés d'essences à feuillage persistant, dont l'action s'exerce toute l'année. Aussi ne faut-il pas s'étonner si M. Conte

[1] Que le lecteur nous permette de lui recommander chaudement un livre charmant, vrai modèle de science aimable et profonde : *Histoire naturelle et souvenir de voyage*, par M. le docteur F. Roulin. 1865. Hetzel.

P. P. D.

Grandchamps, ingénieur en chef des ponts et chaussées, arrive à des conclusions toutes différentes dans un mémoire adressé au préfet des Basses-Alpes, sur des canaux d'irrigation à effectuer dans ce département. Ce savant ingénieur avait déjà, dans le département de la Loire, fait des expériences sur l'avantage que présentent les forêts de sapins pour régulariser le débit des sources. Le résultat était que, dans les sols granitiques de mille mètres environ d'altitude, le débit des sources varie du simple au double, suivant que le terrain est à découvert ou couvert de bois, et que le boisement, accompagné de travaux de captage, peut augmenter le débit des sources de sept mètres cubes par jour et par hectare reboisé. On avait aussi constaté que des sources disparues avaient reparu avec le reboisement, et que des brouillards humectant à peine les terrains dénudés produisaient souvent de véritables pluies dans les forêts de sapins. Ces effets ont été corroborés par les observations de M. Graeff, ingénieur en chef du département de la Loire. M. Conte Grandchamps, partant de ces données et de ses propres observations faites dans les Basses-Alpes sur les sources de l'Ubaye, conclut que les effets du reboisement y élèveront le débit des sources de 16 mètres cubes par hectare et par jour, et le gazonnement de 4 mètres cubes par hectare et par jour[1].

Dans le passage cité au Sénat par M. Fould, Gay-Lussac se demande, tout en admettant que les sols boisés favorisent l'abondance des sources, si la végétation herbacée ne possède pas cet avantage à un plus haut degré. En nous reportant aux conditions reconnues nécessaires à l'accroissement des sources, nous ne pouvons admettre l'opinion du grand physicien, car les gazons et les céréales n'ont pas le couvert épais des bois qui conserve l'humidité du sol, leur vaste feuillage qui condense l'humidité atmosphérique, leurs puissantes racines qui favorisent l'infiltration. Nous préférons admettre, avec M. Becquerel, que les grands défrichements diminuent la quantité des eaux vives coulant dans un pays; que la culture établie dans une contrée aride et découverte dissipe une partie des eaux courantes; qu'enfin dans les pays où il n'y a pas eu de changement de culture, la quantité d'eau vive paraît rester toujours la même.

Il nous reste à traiter de l'influence des forêts sur la salubrité

[1] *Revue des eaux et forêts.*

de l'atmosphère. Nous ne voulons pas parler ici de celle que les forêts peuvent exercer sur l'état sanitaire d'une contrée par les modifications qu'elles apportent à son climat, par exemple en tempérant les sécheresses par l'action des rosées et en arrêtant la marche des vents chauds ou des vents froids. Outre cette action des bois sur l'état physique de l'air, ils en exercent une autre sur sa composition chimique. Ils contribuent, comme tous les végétaux, à maintenir la proportion d'oxygène nécessaire à la vie animale, par la décomposition diurne de l'acide carbonique. Toutefois, on ne peut pas dire que leur conservation soit indispensable sous ce point de vue, car il est évident que si on les défrichait, on leur substituerait des plantations ligneuses et des céréales aptes à les remplacer. D'ailleurs la destruction d'une parcelle insignifiante comme sont les forêts de la France comparées à celles du monde entier, n'aurait pas d'influence sur la composition chimique de la masse totale de l'atmosphère terrestre. En effet, la couche d'air qui enveloppe le globe est sans cesse agitée par des courants puissants qui en font un mélange de composition à peu près identique en tous lieux.

Les bois exercent une autre action moins bien définie peut-être, mais plus importante si on n'en considère le défrichement que dans une localité restreinte ; nous voulons parler de la destruction des miasmes.

Nous ignorons absolument aujourd'hui la nature de ceux-ci, mais nous savons que leur production est favorisée par la décomposition des matières végétales ou animales, qui prend naissance dans les pays marécageux, tels les Maremmes de Toscane et les marais Pontins, célèbres par leur insalubrité[1]. Les forêts paraissent exercer sur les miasmes une action destructive, et certaines contrées, la Sologne par exemple, sont devenues malsaines par déboisement. Tout près de celle-ci, nous avons dans la forêt d'Orléans une preuve de l'effet salutaire des grands bois. Formé d'une couche sablonneuse reposant sur une couche d'argile compacte, le sol en est marécageux en beaucoup d'endroits sans que la contrée soit cependant malsaine. Qu'on détruise cette forêt, ce qui arrivera sans nul doute si on l'aliène, et tout porte à croire qu'il se créera à la place une nouvelle Sologne, dont on sera

[1] Voyez 4e vol. de l'Annuaire, les *Générations spontanées*, p. 160.

par la suite obligé de replanter à grands frais les marécages.

M. Becquerel insiste dans son Mémoire sur l'action salutaire des bois.

« Une plantation, dit-il, interposée sur le passage d'un courant d'air humide, chargé de miasmes pestilentiels, préserve quelquefois de ses effets tout ce qui est derrière elle, tandis que la partie découverte est exposée aux maladies, comme les marais Pontins en offrent des exemples. Les arbres tamisent donc l'air infecté en lui enlevant ses miasmes. »

La loi de 1860 sur le défrichement des bois de particuliers a admis l'influence des forêts sur l'état sanitaire et a mis la salubrité publique au nombre des motifs d'opposition légale au défrichement.

Aujourd'hui, cependant, on paraît faire bon marché de cette influence, puisque cette forêt d'Orléans, dont nous parlions tout à l'heure, est précisément une de celles qui figurent sur le tableau des bois à aliéner annexé au projet de loi de 1865. Il est vrai que certains partisans de ce projet voudraient persuader au public que la vente n'entraînerait pas le déboisement, mais le raisonnement, appuyé du reste sur les faits antérieurs, prouve que c'est là un misérable subterfuge auquel, il faut le dire, les plus francs d'entre les défenseurs de l'aliénation ont renoncé.

II

Du chêne et de son emploi en marine. — Terrain et climat qui lui conviennent. — Causes auxquelles on peut attribuer la disparition de cette essence dans les forêts. — Doit-on défricher les forêts de plaine?

Chaque fois que des aliénations ont été proposées ou effectuées, les forêts qui ont été menacées les premières, parmi lesquelles on a pris de préférence les massifs à mettre en vente, ont été celles de plaine. Situées en général sur des fonds meilleurs que les forêts de montagnes, parfois susceptibles d'être défrichées avec avantage, placées près des grandes villes et dans des pays populeux, elles trouvent des acquéreurs plus aisément que les autres. Déboiser les plaines, reboiser les montagnes, c'est là l'idéal de la plupart des économistes ; et à les entendre, il semblerait que dans le monde, perfectionné tel qu'ils le rêvent, et qui n'est pas celui

du Créateur, les parties plates doivent être exclusivement vouées aux céréales, et les parties montagneuses aux bois et aux pâturages. Nous allons examiner si le monde naturel ne présente pas, sous le rapport des productions végétales, comme sous beaucoup d'autres, quelques avantages sur le monde réformé dont nous parlions tout à l'heure.

De toutes les essences forestières, la plus utile, la plus indispensable pour un grand pays, est sans contredit le chêne. Sa rareté seule l'a fait remplacer dans les constructions par des essences plus légères, et à croissance plus rapide; et il constitue encore la totalité de la coque d'un navire, où plus que jamais il est employé en grande quantité depuis le système actuel de blindage. Il en faut chaque année à la marine militaire et marchande 80,000 mètres cubes, que la France, peu riche en colonies, ne pourrait se procurer, si elle aliénait ses bois, qu'en devenant pour des sommes énormes tributaire de l'étranger. Quand même l'existence des forêts de l'État n'intéresserait ni la salubrité, ni l'agriculture, le gouvernement, dans l'intérêt de sa marine, serait encore obligé de les conserver.

Or, c'est dans les plaines seules, et dans les plaines fertiles, que le chêne peut atteindre les dimensions et les qualités indispensables aux grosses constructions, et surtout aux constructions navales. On ne le voit jamais croître qu'à une très-petite altitude sur les flancs des montagnes, et dès que le climat devient rigoureux, il ne produit plus qu'un bois tendre, bon pour la menuiserie, mais tout à fait impropre au service de la marine. Dans les vallées étroites et exposées aux brouillards, le chêne vient mal, ou ne vient pas, parce que, plus que toute autre essence, il est sensible à l'action des gelées printanières. Pour produire un chêne de bonne qualité, il faut un sol fertile, divisé, profond et substantiel; un climat tempéré, sec, mais chaud plutôt que froid. Les chênes préférés par les ingénieurs de la marine sont ceux d'Italie, du midi et du centre de la France. Ceux du Nord et de l'Ouest, ces derniers surtout, sont inférieurs. Nous devons cependant excepter les arbres dits de fossé, qui servent de limite aux champs, dans beaucoup d'endroits de la Normandie. Exposés de toutes parts aux influences atmosphériques, et à celle du soleil, croissant dans des sols excellents, ils offrent en général un bois à tissu très-serré, nerveux et dur comme de la corne, en un mot

présentant toutes les qualités requises pour la marine. On leur reproche cependant d'avoir souvent des formes défectueuses, et de renfermer des nœuds qui en rendent l'usage parfois impossible ou dangereux. Parmi les arbres qui croissent dans les forêts, les réserves des taillis sont préférées aux arbres de futaie, parce qu'ils ont été soumis comme les précédents aux influences atmophériques qui ont durci leur fibre, et qu'ils présentent fréquemment des courbes exigées par la forme des navires et difficiles à se procurer.

Malheureusement, même dans les forêts de plaine, cette précieuse essence tend à disparaître, et la science du forestier doit lutter sans cesse pour l'y maintenir. Sans doute il n'en est pas ainsi dans les forêts à l'état vierge ; mais l'homme, en régularisant pour ses besoins la croissance des masses boisées, porte la main sur l'ordre établi par la nature, et crée des causes de destruction que lui-même est ensuite obligé de combattre.

La méthode d'exploitation des futaies actuellement employée, et connue sous le nom de réensemencement naturel, et des éclaircies, consiste, un massif exploitable étant donné, à y faire d'abord une série de coupes dites de régénération, destinées à remplacer les vieux arbres par un jeune peuplement, ensuite à enlever périodiquement les brins faibles ou dominés de ce jeune bois, à mesure qu'il s'élève. Lorsque vient le moment de la coupe de régénération, qui s'opère en exploitant la vieille futaie, et en laissant assez d'arbres, pour ensemencer le terrain, mais pas assez pour empêcher l'accès de la lumière et des influences atmosphériques, deux causes, pour la plupart des essences, influent puissamment sur l'opération, l'état du sol et le jeune repeuplement antérieur à la coupe. Si le sol est meuble, la graine y germera promptement et échappera aux causes de destruction qui la menacent. S'il est gazonné ou couvert d'arbrisseaux, la graine restera à la surface, sans rien produire et sera détruite par les gelées ou les animaux. Si un jeune repeuplement existe sous les vieux arbres, l'opération déjà en partie faite est facilitée d'autant. Mais le chêne est un arbre à couvert peu épais et ne résistant pas à celui des arbres qui le dominent. Il résulte du premier de ces faits que le parterre des futaies de chêne pur est fortement gazonné et couvert d'arbrisseaux et de ronces, de sorte que l'ensemencement ne réussit pas à moins qu'on n'écorche ou ne laboure le terrain, et du second, qu'au moment de la coupe, on ne trouve sous les vieux

arbres que des jeunes peuplements sans valeur, puisque ceux qui lèvent à chaque glandée périssent dès la seconde année. A cela si on ajoute la rareté des glandées, qui, en beaucoup de pays, ne se présentent que tous les six ou huit ans, on comprendra que les coupes de régénération, dans une futaie de chêne pur, sont très-scabreuses, et doivent être fréquemment aidées par le moyen coûteux des repeuplements artificiels.

Le chêne réussit mieux en futaie mélangée, par exemple avec le hêtre ; mais là encore la rareté des glandées, par rapport aux faînées, l'aversion pour le couvert de l'essence que nous considérons, tandis que le hètre y résiste longtemps, font qu'au moment des coupes de régénération le sol est nu d'ordinaire sous les chênes, tandis qu'il est abondamment repeuplé sous les hêtres. Il en résulte que ceux-ci gagnent continuellement du terrain si on ne les combat par un choix judicieux des arbres porte-graines et par des plantations[1].

Il suffit de baliver dans les taillis pour constater la diminution du chêne. Les anciennes réserves de cette essence y sont belles et nombreuses, mais on y trouve à grand'peine des baliveaux convenables parmi les brins de l'âge du taillis. Les causes en sont les mêmes que dans les futaies: rareté des glandées et effet désastreux du couvert sur les jeunes plantes. Dans le centre de la France, il est vrai, le chêne produit des graines tous les deux ou trois ans; mais, dans le nord et l'ouest, elles ne se montrent plus en quantité notable que tous les six ou huit ans. Si une

[1] Les naturalistes se sont préoccupés depuis longtemps de la substitution d'une essence à une autre dans les forêts, et leurs recherches les ont conduits à des résultats intéressants que M. Vaupelle a exposés récemment dans un Mémoire inséré aux *Annales des sciences naturelles.* En résumé, dit-il en finissant, « au commencement de la période géologique actuelle, l'Allemagne septentrionale, le Danemark, les Pays-Bas, l'Angleterre et le nord de la France, étaient couverts de bouleaux et de pins auxquels se joignit plus tard le chêne. Ces arbres se disputèrent longtemps la suprématie, avant que le hêtre lui-même prît part à la lutte. Ce ne fut que lorsque le sol fut devenu moins humide, peut-être par suite des travaux de l'homme, et qu'il eût été suffisamment fertilisé par les détritus des végétations antérieures, que le hêtre commença à se montrer. Les progrès furent lents d'abord, mais chaque siècle en augmenta la puissance. Son domaine, dès aujourd'hui, est immense, et il s'accroîtra encore jusqu'à ce qu'il ait atteint ces contrées stériles ou marécageuses où il ne saurait vivre et qui seront le dernier asile des pins et des bouleaux. »

glandée se présente l'année de la coupe du taillis, ou l'année qui la précède, ou bien encore celle qui la suit, il y a des chances pour que quelques jeunes chênes s'élèvent dans le sous bois ; encore seront-ils peu nombreux ; car les rejets de souche qui souvent auront acquis plus d'un mètre de hauteur, quand le brin de semence n'aura pas encore un décimètre, en étoufferont le plus grand nombre. Mais si cette coïncidence n'a pas lieu, aucun repeuplement naturel en chêne ne se produira, et l'essence tendra à disparaître : c'est ce qui arrive presque partout.

Des repeuplements artificiels bien entendus pourront seuls combattre cette tendance, à condition qu'ils soient faits en brins assez élevés pour dominer les cépées, jusqu'au moment où ils auront la force de lutter avec elles ; car nous le répétons, un chêne une fois dominé est perdu pour toujours.

En résumé, nous voyons que le chêne est essentiellement un arbre de plaine ; que sa culture est difficile, exige un terrain fertile et des soins coûteux. Nous ajouterons que le particulier, une fois maître des forêts de l'État, s'il ne les défriche pas, sera peu disposé à se livrer à la culture de cette essence qui ne produit pas de belles pièces avant cent vingt ou cent cinquante ans, et qui doit souvent, pour être employée par la marine, rester sur pied deux à trois cents ans. Les forêts des communes seules pourront alors subvenir à des besoins que la France même dans son état actuel peut satisfaire seulement en partie. Il est donc évident qu'en dehors de toute autre considération, l'État, s'il tient à assurer la prospérité et même l'existence de sa marine, ne doit pas plus sacrifier ses forêts de plaine que ses forêts de montagne à une combinaison financière et aux rêves de quelques hommes à séduisantes théories [1].

M^ce^ Gomont.

[1] Le lecteur consultera avec fruit, pour tout ce qui regarde la partie économique de la question des forêts, un volume dans lequel sont réunis tous les articles publiés pendant la dernière année dans les principaux journaux de la France, l'*Aliénation des forêts devant l'opinion publique*. Rotschild, 1865.

GÉOGRAPHIE

LES DERNIERS PROGRÈS DE LA GÉOGRAPHIE DANS L'EXTRÊME ORIENT — LA CHINE ET LE JAPON

I

UN COUP D'ŒIL SUR LES EXPLORATIONS RÉCENTES EN ASIE

L'isthme de Suez. — Les isthmes ont uni les peuples, ils les séparent. — L'Europe, colonisée naguère par l'Asie, la civilise aujourd'hui. — La fin d'une vieille métaphore. — Un faux derviche. — La trigonométrie et la télégraphie dans l'Asie centrale. — Les Russes chez les Barbares asiatiques. *Similia similibus.* — Les Anglais dans l'Inde. — Une épopée indienne.

Certes, si quelque chose, dans notre dix-neuvième siècle, tout plein de drames et d'épopées,

> Et quel temps fut jamais si fertile en miracles!

a rappelé les belles découvertes géographiques du seizième siècle et les étonnements de cette grande époque qui vit la mappemonde se dédoubler, — c'est l'exploration récente de l'extrême Orient.

Franchissons cet isthme où la France aura l'immortel honneur d'avoir donné le premier coup de pioche. Tombent les isthmes, maintenant qu'ils n'unissent plus les hommes, qu'ils les séparent, qu'ils arrêtent le steamer impatient et qui sait que le temps est du progrès accompli, de la richesse créée, du bien-être conquis. L'obstacle, que les Pharaons avaient tourné en faisant un canal du Nil à la mer Rouge, que les sultans et les pachas ont contemplé les bras croisés, le général Bonaparte l'a voulu affronter, et M. de Lesseps l'a vaincu.

A-t-il paru à nos contemporains que la domination de l'Angleterre ne serait pas une tutelle éternellement utile à l'Inde, si grande naguère et aujourd'hui si infortunée? Ils ont laissé l'égoïsme de

Londres protester : le vieux Palmerston y a perdu son latin. Tout ce qu'il a pu faire a été de se fortifier à Perim, tandis que la France s'installait à Massaouah [1]. M. de Lesseps sait tout ce qu'il a dû à la généreuse presse de France et aux conférences populaires, ces meetings en monologue.

Pourquoi la chaussée qui unit les Amériques ne serait-elle pas aussi jetée dans les deux Océans qu'elle empêche de confondre fraternellement leurs flots? Cet honneur, faut-il le laisser à l'Amérique, aux Yankees? Dans un bel article [2], M. de Saint-Mesmin réclame pour nous cette gloire, et, comme il n'ignore pas que les capitaux ne sont point insensibles aux beaux dividendes, il établit dans une étude savante et pittoresque que les spéculateurs intelligents de notre âge trouvent là « une occasion malheureusement trop rare de faire une bonne affaire en faisant une bonne action, en s'associant à une œuvre humanitaire. » Puisse cette voix libérale être entendue!

Négligeons, en sortant avec les boutres arabes de la passe de Perim sous les canons du nouveau Gibraltar anglais, ces couronnes d'archipels, ces anneaux rompus de cyclades, ces colliers égrenés de strophades semées sur l'océan Indien, et parcourons le continent d'où la civilisation se répandit dans notre Europe barbare et où nous allons, héritiers reconnaissants des Aryas indiens, en reporter les bienfaits. Tant il est vrai que, si le climat et le sol préparent la fortune des empires, c'est le travail, l'activité de l'homme qui l'assurent, qui la perpétuent. Le sol n'a pas changé; l'homme s'est amolli et engourdi. Le soleil de Beyrout ou de Smyrne n'éclaire plus le peuple d'Homère ou la race de Hiram. Quelles forces fatales, quel simoun dans les saharas, quel typhon dans les mers redoutées, quelles murailles flottantes ou banquises de glaces aux pôles, quels adamastors au seuil des régions mystérieuses arrêtent la marche de notre Europe, accoutumée pourtant à un ciel modéré et aux saisons disciplinées, quand elle va, comme un bon et

[1] Voir ce que nous avons dit, dans l'*Annuaire* de 1865, de l'avenir de la mer Rouge où le sultan, qui ne possède plus que le littoral et les villes saintes, et que le mouvement Ouahabite de renaissance et de réforme en Arabie précipitera à la mer au premier jour, doit léguer sa souveraineté aux consuls de France et d'Angleterre. On peut lire sur cette intéressante question un beau travail de M. Alexandre Bonneau.

[2] Voir plus haut, page 276.

laborieux serviteur de la civilisation, rattachant les uns aux autres par les liens de la fraternité et sous l'inspiration sacrée de l'amour de la science et de la justice, peuples et pays!

Regardons derrière nous, aux portes du Bosphore et d'Athènes, les contrées où chrétiens et musulmans sont sourdement aux prises (littoral de la Méditerranée), où couve peut-être un grand mouvement de régénération mahométane (les Ouahabites) dans cette Arabie intérieure que l'on croyait nomade et déserte, où Palgrave[1] vient de trouver des agriculteurs et la fertilité[2]. Plongeons nos regards au delà de cette Palestine et de cette Syrie fouillées par Edward Robinson en 1838, et récemment par un des nouveaux élus de l'Académie des inscriptions, Wadington, par M. de Luynes, par M. de Saulcy, par notre savant et modeste confrère V. Guérin[3]. Dépassons cette Asie centrale que Arminius Vambery, le faux derviche, peint cette année même sous des traits nouveaux, et où s'avancent, se mesurant du regard, Russes et Anglais, de l'Oural, du Caucase à l'Himalaya. Déjà tombent sous l'épée ou sous l'intrigue russe les Khanats Turcomans; déjà l'Angleterre, qui pénètre dans les montagnes énormes du Boutan, fait déborder son réseau trigonométrique sur l'autre revers de la frontière méridionale de la Chine, et ses ingénieurs prolongent, dans le Béloutchistan et la Perse, le réseau télégraphique dont elle couvre l'Asie occidentale.

Laissons la Sibérie à laquelle la Russie a donné une vaste extension et surtout un débouché fécond en s'annexant les territoires du grand fleuve de l'extrême Orient, de l'Amour, qui lui donneront à leur tour la Corée, c'est-à-dire la presqu'île qui commande les mers de la Chine et du Japon, et peut-être le nord du Japon.

[1] Qui passe pour avoir reçu une mission et de l'argent de Napoléon III. Il est sévère pour l'Arabe d'Arabie, tandis que l'empereur paraît, dans sa récente lettre, accorder à l'Arabe d'Algérie un intérêt dont n'est pas moins digne le véritable Algérien futur, le laborieux et démocratique, le brave et honnête kabyle, l'indigène naguère soumis par l'Arabe. Le travail de Palgrave se complète par les documents que le colonel Pelly, agent politique de l'Angleterre, donne en ce moment à la géographie astronomique de l'Arabie.

[2] On ne dira plus d'un cœur desséché ou d'un esprit stérile . c'est une Arabie. Palgrave est le second Européen qui aura traversé l'Arabie centrale. Le premier est le capitaine anglais Sadlier (1819).

[3] M. Guérin avait déjà exploré brillamment cette Tunisie, où un savant courageux, M. Daux, fouille les champs où fut Carthage, avec une persévérance qui nous promet une moisson de découvertes.

Les Russes[1] dévorent déjà des yeux la Mongolie, la Mandchourie en même temps que le Turkestan. Ils prétendent accaparer à la fois (en l'enlevant aux Anglais, double plaisir de s'enrichir et à leurs dépens, sur l'Amour et sur les côtes de la Caspienne, le commerce de l'Asie centrale et de l'Asie occidentale. Laissons l'Inde qui s'agite et à laquelle l'Angleterre offre en échange de sa nationalité, trop intéressante pour avoir péri sans retour[2], un vaste système de railways; Albion complète tous les jours son gigantesque empire aux dépens de la Birmanie qui, n'ayant plus de ports, n'est plus que l'ombre d'un empire, et pousse toujours dans la direction d'Hérat à la rencontre des Russes.

Derrière le Turkestan, la Sibérie et l'Inde apparaît enfin à nos yeux ce qu'on a appelé l'extrême Orient, la Chine et le Japon.

II

LA CHINE

Une civilisation âgée de trois mille ans. — Les vieilleries de la Chine et les nouveautés de l'Europe. — Application des idées de M. V. Cousin et de M. V. Duruy en Chine. — La morale indépendante en Chine. — *Væ soli!* — Les misères d'un fonctionnaire chinois. — Pourquoi la grande muraille est tombée.

La Chine d'abord. Voilà un empire qui a survécu aux vieux empires dont la mémoire même a péri, à la séculaire Égypte, à la biblique Ninive, à l'antique Babylone, aux Grecs et aux Romains...

[1] Sur la nécessité de refouler les Russes loin de nos capitales, parmi les barbares de l'Asie qu'ils pourront civiliser homœopathiquement... *Similia similibus*... voir le livre décisif et encore inédit d'Henri Martin, dont une amitié précieuse nous a permis de détacher deux belles pages qu'on lira plus bas. C'est la France qui a trouvé au Russe le nom antithétique *barbare civilisé*. « Grattez le Russe, disait-on en 1812, vous retrouvez le Tatar. » Et si vous grattez le Tatar? vous retrouvez le Russe. La révolution intérieure, dont l'*émancipation* a donné le signal, ne permet plus de prendre avec *un mot* victorieux la représaille des triomphes du tzarisme et de ses armées fanatiques, quand il s'agit d'un empire de 600 millions d'hectares, de 75 millions d'habitants, où un réseau ferré relie trois zones, trois mers, trois capitales, et met le Volga à cinq jours de Paris.

[2] Le souvenir de sa grandeur est heureusement renouvelé dans la traduction complète que publie à *ses frais* un pauvre et vaillant savant, M. Fauche, du Mohâbhârata, la colossale et magnifique épopée indienne. Elle a 220,000 vers, doubles de nos alexandrins; chaque chant vaut en étendue un des dix-huit de l'*Iliade*.

Majestati naturæ par imperium... et on le connaît si peu à quelques milles de ses frontières ! Voilà un peuple qui a traversé d'innombrables révolutions, qui compte 415 millions d'habitants (1842), et il a maintenu à travers les âges son unité et sa monarchie ; il a vécu à l'écart des autres sociétés, et depuis trois mille ans il a découvert, pour son usage propre, presque tous les secrets de nos sciences et de nos industries. Quelle étrange nation, originale et positive tout à la fois, hardie et sceptique, qui a eu son socialisme, le communisme et les lois agraires avec interdiction de vendre ou d'hypothéquer le lot échu, l'impôt unique, ces vieilleries redoutées ou ces nouveautés proscrites de notre Europe, et qui proclamait, il y a plus de mille ans, la liberté de l'industrie et du travail, les théories de Turgot et de M. Michel Chevalier ! — Ici on donne à tous les degrés les fonctions publiques au concours, comme le voulait M. Cousin en 1830 ; ici on rencontre une école par hameau, comme le veut M. Duruy en 1865 ; ici on croit, ce qui est un paradoxe dans notre pays, que les classes les plus éclairées sont les plus gouvernables. — La Chine n'en est plus à la religion d'État ; elle a tout toléré, boudhistes, juifs, parsis musulmans, y compris les jésuites du dix-septième siècle, petits-fils de ceux qui avaient fait la Saint-Barthélemy ; elle n'a fait depuis d'exception à ce rare éclectisme pour les modernes missionnaires que parce qu'elle a cru s'apercevoir qu'ils rêvaient d'introduire chez elle l'ennemi ; l'empire du Milieu renferme une population pratique qui ne sait pas ce que c'est que la conciliation ou l'opposition de la foi et de la raison, qui en est à la *morale indépendante*, comme les adversaires du Père Hyacinthe. Tout est contraste entre la Chine et l'Europe ; le pays a un million de soldats *sur le papier* et une agriculture très-perfectionnée, des casernes vides et des fabriques regorgeant de bras ; les fleuves mêmes, couverts d'énormes files de barques à demeure, offrent un mobile atelier à cette population surabondante, et où l'infanticide n'est pas aussi commun d'ailleurs que le veulent bien dire de bonnes gens qui ne lisent peut-être point assez notre *Gazette des Tribunaux*. Le peuple en Chine ne conserve la mémoire que des rois pacifiques. Aussi en a-t-il porté la peine lorsqu'il s'est trouvé en face de nos canons rayés, de nos braves troupiers auxquels on opposait naivement de beaux engins fort ingénieusement peints et vomissant d'innocentes flammes.

Spectacle saisissant que celui de la civilisation chinoise qui a confondu d'abord, puis charmé les savants missionnaires jésuites, leur a fait écrire tant de relations [1] louangeuses et sincèrement favorables, mais spectacle confus qu'il faut regarder à deux fois, car ce vaste empire démocratique pacifique, laborieux et athée, épris de science et dédaigneux des chimères et des préjugés dont vivent et meurent les autres peuples, a le ver de la décadence au cœur.

N'exagérons rien. *Vœ soli!* Il est défendu aux nations de s'isoler, de se soustraire à la grande loi de la solidarité, de vivre à l'abri de la vigne ou du figuier bourgeois dans l'égoïsme des satisfaits. Quand le thé figura ailleurs qu'au Codex, quand l'opium apparut sur le marché sans scrupules d'Albion, le gouverneur de Canton paya cher les 25,000 caisses d'opium anglais qu'il brûla honnêtement en 1839. En 1842, il lui fallut céder aux gens qui empoisonnent un empire pour faire leur fortune et se résigner à ouvrir l'empire aux navires et aux missionnaires français. Il suffit aux mandarins chinois, en 1856, de capturer quelques réfractaires chinois sous pavillon anglais, pour amener Anglais et Français jusqu'à Tien-Tsin, sur la route de Pékin, où on les arrête à grand'peine par un traité (1858) et, quand ils prétendent barrer aux ambassadeurs européens à Takou le chemin vers la capitale de cet empire fermé pendant 5,000 ans, ils n'y gagnent que la merveilleuse expédition de 1860. Elle nous a valu avec les récits du comte d'Escayrac, de hardies campagnes de touristes à travers les parages inconnus de la Chine, celle de la gracieuse et héroïque victime, madame Bourboulon, la récente exploration du voyageur en cocons Berlandier ; cette expédition rappelle les aventureuses luttes des Cortez et des Pizarre, et on l'admirerait sans réserve si elle n'eût été cause de la destruction déplorable du musée de cinquante siècles et de cinq cents millions d'hommes, le Palais d'Été.

C'est dans la valise de l'un de nos plus braves officiers, en compagnie de curiosités du pays, qu'un homme d'infiniment d'esprit prétend avoir trouvé un livre que, sans ce brevet d'authenticité, j'aurais cru, au style, un feuillet détaché de Zadig. Au surplus

[1] La première impression qu'en eut l'Europe, elle la prit dans le livre original de Marco Polo (1298), que M. G. Pauthier vient de nous rendre dans une édition vraiment critique, 1865.

les *Misères d'un fonctionnaire chinois* [1], de M. Francisque Sarcey, portent plus loin que notre pays, aussi soucieux pourtant que la Chine de ce principe de nos chartes, l'égalité de tous les Français devant les emplois. Cette fantaisie puissante et qui restera, explique aussi bien que les théories de M. d'Escayrac pourquoi la fameuse *Muraille* est tombée. La culture intellectuelle et les examens poussés au mécanisme, l'administration substituant ses routines infaillibles à l'élan individuel, l'initiative proscrite et le contrôle interdit, n'est-ce point assez pour expliquer comment les nations périssent sous le double assaut de la révolte intérieure et de l'ennemi des Taï-Pings (ou Jacques Chinois) et des Anglo-Français? Si vous trouvez, mandarins déconcertés, dans la giberne de vos vainqueurs la liberté, croyez-en M. Francisque Sarcey et son livre qu'eussent infiniment goûté les grands rieurs de la France, Rabelais, Molière et Voltaire, prenez le remède, car il guérit.

Les voisins des Chinois, les Japonais, sauront-ils profiter du spectacle instructif de cette chute retentissante? C'est le secret de l'avenir, mais on peut le croire.

III

LE JAPON

Japonais et Chinois. — Historique des relations du Japon avec l'Europe. — Le pape japonais et son maire du palais. — Une révélation sur le Japon, — Les sultanes de la cour ecclésiastique de Myako. — De l'usage de se couper le ventre pour sortir d'embarras. — Du rôle de l'éventail dans l'existence d'un Japonais. — La locomotive dans l'extrême Orient. — Un récit japonais de l'arrivée des Européens au Japon. — Les Japonais peints par eux-mêmes. — Les Russes au Japon : les Aïnos. — Le duel au pilon.

Sans doute les Japonais ont le même alphabet que les Chinois [2], honorent les mêmes sages, Bouddha ou Confucius, entretiennent les mêmes bonzes dans les mêmes pagodes, mangent également

[1] Charpentier, 1862.

[2] Soutcovoy, lieutenant de la marine impériale russe, *Vocabulaire français-japonais*. Paris et Saint-Pétersbourg, 1862. — Cf. Klaproth, *Introduction des caractères chinois au Japon*, 1829. — La *Grammaire japonaise* du P. Rodriguez a été imprimée à Nadgazaki, 1604. Elle est si rare qu'à la vente de Langlès on l'a payée 640 francs. Landresse l'a traduite. — Celle d'Alvarès, 1593, sur papier de soie, n'est pas plus commune. — Collado a donné, dès

du poisson et du riz, boivent du thé ou de l'eau-de-vie de riz, se servent de nattes et de paravents, embarquent à dos de coolies ou dans leurs jonques le thé ou la soie sur nos steamers; sans doute les Japonais paraissent avoir emprunté aux Chinois leur littérature antique et leur primitive coiffure, sans suivre ces téméraires jusqu'à la *queue*, jusqu'aux examens permanents et au mandarinat à outrance, jusqu'au mépris de l'art militaire et de l'aristocratie de naissance, jusqu'à la malpropreté égalitaire, fruits variés de l'esprit novateur et des révolutions dans l'Empire du milieu. Et pourtant on ne peut confondre les Japonais, qui sont aussi blancs que les Européens, avec leurs jaunes voisins [1].

Il est un point par lequel les Chinois, les Japonais, — que ceux-ci viennent de la Corée, de la Mongolie, de la Malaisie, voire de l'Amérique, ou qu'ils soient autochtones comme les historiens nationaux l'affirment, — se ressemblaient, hier encore, c'est l'égale répulsion qu'ils marquaient pour les étrangers.

C'est le grand petit peuple Portugais qui découvrit (1543) pour l'Europe, après les Indes et la Malaisie, le Japon. L'apôtre François Xavier le visitait en 1560 et, dès 1637, le catholicisme était interdit au Japon; Espagnols et Portugais, qui semblaient mêler au zèle du prosélytisme des projets de conquête, étaient proscrits. Les Hollandais, ennemis intimes des deux peuples, car le Portugal obéissait à la cour de Madrid dont la patrie du Taciturne avait déjà secoué le joug monacal, n'avaient abordé au Japon que vers 1600. Le gouvernement japonais n'enveloppa pas les protestants d'Amsterdam dans l'arrêt d'exil (1639), mais il les interna à Nagasaki, dans la presqu'île de Decima.

Les autorités japonaises d'ailleurs surveillaient de près ces privilégiés, les humiliant parfois, les jalousant toujours. Au surplus, tandis que les missionnaires en Chine sondaient hardiment la morale, les sciences et l'administration, les négociants à Decima mesuraient, pesaient, empochaient l'argent de l'Europe et du Ja-

1632, à Rome, une grammaire et un dictionnaire. — Siebold a publié une *Bibliothèque japonaise* en collaboration avec Hoffmann, 1833-41. — M. Léon de Rosny, à Paris, imprime des exercices pour le cours qu'il fait à l'école des langues vivantes. La langue japonaise, selon Aaron Palmer, est la plus polie et la plus parfaite de l'Asie orientale. Elle est, dit-on, analogue à l'ancien chinois. M. Léon de Rosny lui trouve une grande connexité avec les langues tartares.

[1] Cf. la relation de M. de Moges, attaché à l'ambassade du baron Gros.

pon, sauf à compter avec les arbitres capricieux et inquiets de leur sécurité et de leurs monopoles. Cela fait, ils étaient en paix. Anglais, Russes, Français frappaient vainement aux portes, qui ne s'ouvraient que pour leurs émules.

Cependant l'Angleterre a arraché à la Chine le traité de Nankin (1842); la *grande muraille* se lézarde. Les Pays-Bas, avec le flair des peuples marchands et des flegmatiques, soufflaient à l'oreille du taïcoun japonais (ou principal chef du pouvoir exécutif) les théories modernes du *free trade*. Le taïcoun demeurait sourd en apparence à cet avis prudent. En réalité il s'élevait au-dessus des préjugés du dix-septième siècle et se préparait à accepter franchement la politique plus large de notre siècle. A peu de temps de là, le président des États-Unis, qui dès 1803 avait fait une tentative pour entrer au Japon, songe à ses baleiniers isolés dans les parages septentrionaux du Pacifique sans un port de relâche. Le commodore Perry se présente, en 1853, dans la baie de Yédo, avec une honnête escadre, et obtient, le 31 mars 1854, le traité de Kanagawa qui ouvre à ses compatriotes le port de Hakodade dans l'île de Yeso et celui de Simoda. L'amiral Sterling, le 14 octobre 1854, fut fidèle aux traditions des Anglais qui s'étaient établis au Japon en même temps que les Hollandais l'avaient abandonné en 1624, y avaient reparu en 1673 et en 1808 avec Pellew, sans l'énergie de M. Doeff pendant huit ans isolé de la Hollande (1808-1816), aurait joint Decima à Java sous le sceptre de Raffles Sterling, obtint pour l'Angleterre des conditions dont le 9 novembre 1855 et en 1856, les Pays-Bas, naguère favorisés, réclamèrent à leur tour les bénéfices. Ce n'était point assez encore et, après avoir arraché à la Chine le traité de Tien-Tsin, lord Elgin et le baron Gros apparaissaient dans la baie de Yédo avec une escadre plus forte encore que celle du commodore Perry et emportaient, le 26 août et le 9 octobre 1858, l'ouverture d'Osaka et même de Yedo. La France avait déjà paru dans les mers japonaises au temps de Colbert et depuis avec l'amiral Cecille (1847), avec l'amiral Guérin (1855), comme la Russie s'y était montrée en 1804, 1805 et 1807. Bientôt à Paris et à Londres nous saluâmes dans nos murs des ambassadeurs japonais assez étonnés de se voir eux-mêmes dans la ville de Cromwell et dans la capitale de Louis XIV et de Voltaire.

Nous voici donc rentrés au Japon et notre main impatiente peut

soulever un coin du voile qui dérobait à nos regards curieux et agacés les mystères d'une civilisation dont le type est unique et étrange. Le Japon s'est développé comme une chrysalide et a tout tiré de lui-même. L'agriculture y fleurit et y semble en possession de temps immémorial de nos méthodes les plus nouvelles. L'industrie y est délicate, prompte et toute préparée à recevoir nos machines, à nous les rendre peut-être perfectionnées : ses produits y sont frappés au coin de l'art, selon les règles que nous commençons à enseigner à nos ateliers.

Nous ne retrouvons pas au Japon, comme en Chine, l'égalité sous un despotisme paternel qui, tout en mettant les fonctions au concours et à la surenchère du pédantisme, suspecte toute initiative et condamne le patriotisme comme un ferment dangereux, tout au moins inutile. Nous rencontrons là des classes qui ne sont point maintenues, comme les castes de l'Inde, par la rigueur, mais par un libre assentiment, sauf peut-être la dernière, celle des *Christians*, descendants des vieux chrétiens. Les quatre premières, les princes et les nobles, les riches, les prêtres, les militaires portent seuls deux sabres; la cinquième, les bourgeois, est réduite à un sabre : viennent à la suite des bourgeois, les négociants, les artisans et artistes, les paysans et ouvriers. Au-dessus d'une féodalité héréditaire, nous apercevons deux souverains, non pas identiques et égaux comme ceux de Siam ou de Sparte, mais distincts, opposés, le pape ou *mikado*, bien antérieur à l'existence du christianisme, le *siogoun* ou empereur, dans le sens littéral d'*imperator*, devenu, il y a huit cents ans, et peu à peu, par la subordination inégale et variable du pape et des grands vassaux, taïcoun ou principal chef laïque. C'est le taïcoun [1] qui a signé les traités fameux

[1] S'il fallait en croire M. le comte de Montblanc qui, le 15 décembre, à son retour du Japon, où il est lié avec les grands feudataires de la couronne, vient (pendant l'impression de l'*Annuaire*) de révéler, dans une séance de la Société de géographie de Paris, un fait *absolument inconnu de la science et de la diplomatie en Europe*, le taïcoun ne serait pas le premier des grands feudataires, mais *le cinquième ou le sixième*, une espèce de maire du palais mal obéi, à qui on dirait comme le comte Adalbert au roi Hugues : « Tu me demandes qui m'a fait comte? Et toi, qui t'a fait roi? » Cette assertion a été fort remarquée. On concevra que nous la donnons avec empressement, mais sans prétendre la discuter, faute de pouvoir la contrôler, aux lecteurs de l'*Annuaire* qui liront les premiers un renseignement qui a du moins l'avantage d'expliquer comment les traités s'exécutent sur un point du Japon (sur le

36

qui ont rompu les sceaux sous lesquels le Japon reposait comme un livre fermé à nos regards.

Le Japon est en travail de révolution. Le pouvoir spirituel y lutte avec le pouvoir temporel, le *mikado* [1] avec le *taïcoun;* celui-ci semble appuyé sur le parti libéral; celui-là sur la féodalité des *daïmios*, qui sont peut-être moins opposés au progrès qu'au développement de l'autorité du taïcoun. Les conservateurs repoussent, même par le meurtre, l'étranger qui apporte les innovations; les progressistes nous appellent et font bon accueil à la science et à la curiosité européenne.

De rares représailles du vieux fanatisme japonais opposé à l'introduction des étrangers, le plus souvent provoquées par l'avidité et l'insolence des trafiquants européens[2], en pourraient venir

territoire du taïcoun) et rencontrent tant de résistance dans d'autres localités (dans les domaines des grands vassaux).

[1] Ce descendant des dieux ne touche pas le sol du bout du pied : des bras s'avancent et le portent suspendu comme un objet sacré : on lui retranche les cheveux, la barbe, les ongles, pendant son sommeil, à la dérobée : ces dépouilles sont des reliques qu'on se dispute à la cour. Il a douze femmes légitimes et beaucoup de sultanes. « On dirait qu'il partage lui-même le respect que sa personne inspire à tout le monde, » dit M. Fraissinet. Ses courtisans sont appelés hommes du ciel. Ils ont un pantalon rayé comme nos matelots, une veste en châle par-devant, en gilet par-derrière, le front rasé et un toupet à l'occiput, deux sabres aux flancs. Les dames de la cour ecclésiastique relèvent leurs cheveux à la Marie Stuart et les traversent de deux, trois ou quatre longues épingles d'or, selon la qualité. Pas de bijoux : un collier de corail; des sandales aux pieds. Une robe à carreaux, par-dessus la robe une tunique à carreaux également, puis de vastes robes sans doublure à grands ramages ayant un faux air de robes de chambre.

[2] Kaempfer vante les lois du Japon qu'il préfère à celles de l'Europe. Thunberg les trouve sévères à l'excès. Les Japonais ont une garde nationale et un petit code de police affiché dans chaque village. Fischer (qui a résidé au Japon de 1820 à 1829) déclare que le gouvernement est absolu, mais non arbitraire. Le commun peuple laisse les maisons ouvertes. Il est vrai que M. Francisque Sarcey retrouverait ses snobs chinois dans l'usage de se couper le ventre, un suicide légal pour sortir d'embarras ou éviter le supplice. « Les fonctionnaires sont tellement familiarisés avec l'idée de se couper le ventre tôt ou tard, dit le naïf Fischer, qu'en voyage ils sont toujours munis du costume officiel qu'on revêt pour cette cérémonie. L'usage de se couper le ventre est si commun au Japon que l'on n'y fait presque pas d'attention. » On se bat au suicide; on lutte alors de promptitude, et l'adversaire s'acquitte de bonne grâce, à la première sommation, de son devoir. Remarquons que le défi d'un homme du peuple peut, sous cette forme, s'imposer à l'insolence aristocratique d'un personnage qui, chez nous, se retrancherait derrière des armoiries pour refuser toute rencontre.

à un conflit déclaré si nous ne méditions les paroles sages du commodore américain Parry[1], qui nous ouvrit, en 1852, le Japon fermé depuis deux cents ans à nos flottes : « Que de reproches la chretienté aurait à se faire si elle obligeait le Japon à se retrancher de nouveau dans un isolement contre nature ! La nation japonaise est notre jeune sœur : que ses aînées lui tendent une main amicale et soutiennent sa marche indécise jusqu'à ce qu'elle ait grandi. »

« Nous des agneaux ! les Japonais des bouchers[2], s'écriait de son côté le consul Hodgson, ne le croyez pas, ô mes amis d'Angleterre et de France. Nous les avons blessés, nous les avons désappointés. Gardez, gardez qu'un seul coup de canon soit tiré contre le Japon[3]. »

M. Laurence Oliphant[4], attaché à la mission britannique, nous a dit tout ce que nous pouvons attendre des Japonais[5]. Il les

[1] *Narrative of the expedition*... by Hawks. New York, 1856.

[2] Le Japonais ne s'emporte pas. Il nous estime grossiers et sales et, avec son énorme couverture de papier huilé, son éventail à la main, la tête à moitié rasée et à moitié couverte d'une longue chevelure relevée, avec ses salutations à plat ventre, il demeure fier et froid. On ne peut guère lui reprocher que son goût pour les *maisons à thé*, qu'affectionnait sous un autre nom le *cynique Regnier*, et où l'on retrouve les hétaïres artistes et bien élevées de la Grèce antique. Les maisons de ce genre sont si nombreuses qu'elles forment des rues. Du reste, les infidélités sont rares, quoique les femmes ne soient pas renfermées. C'est une exception en Orient, et tout à fait à l'honneur des Japonais. En cas de répudiation, elles ont la tête rasée. Les cérémonies du mariage ont une simplicité gracieuse. La fiancée, debout au pied de l'autel, jette au feu ses hochets et allume un flambeau auquel le fiancé en allume un autre. Les femmes de qualité, dans leurs loges au théâtre, changent souvent de toilettes aux entr'actes. Les Japonaises savent porter avec grâce dix-huit ou vingt tuniques inégales l'une sur l'autre. Encore un détail. On salue à Yedo à coups d'éventail comme à Paris à coups de chapeau. L'instituteur donne des éventails en prix à ses élèves. Le grand, qui fait l'aumône, place la pièce de monnaie sur son éventail. Un riche éventail sur un plateau, signe de mort pour un criminel de haut rang ; il s'incline vers l'éventail et, sous le sabre d'un bourreau fort adroit, la tête vole. Decima a la forme d'un éventail. « Quelle forme lui donner ? » disaient les architectes au souverain japonais. L'empereur tendit son éventail pour toute réponse.

[3] Hodgson, *A residence at Nagasaki*... with a serie of letters by his wife. London, 1861.

[4] *Narrative of the Earl*... London, 1862.

[5] Le pays est un jardin. Point de communaux, des engrais perfectionnés des routes admirablement macadamisées, l'irrigation poussée très-loin.

tient pour un peuple intelligent, judicieux, sagace et pénétrant, enjoué même, ce qui ne gâte rien. Ils sont curieux et sérieux ; ils ont un ardent désir de s'instruire. Il les a vus fabriquer une machine à vapeur sur des dessins, sans en avoir sous les yeux un modèle. Ils font déjà des locomotives, établissent des steamers, forment des ingénieurs spéciaux, créent des lignes télégraphiques ; nous admirons leurs lampes à système modérateur, leurs baromètres, leurs thermomètres, leurs telescopes, leurs théodolites. On dit qu'ils ont traduit dans leur langue la *mécanique céleste* de Laplace ; ils sont très versés dans l'astronomie[1]. Le président de la société de géographie de Londres a vu entre les mains du ministre plénipotentiaire sir Rutherford Alcock[2] une carte manuscrite du Japon que celui-ci a obtenue du Gouvernement Japonais. Sur tous les points qui ont pu être vérifiés, son exactitude a été constatée, tant sous le rapport de la trigonométrie et de l'astronomie qu'au point de vue de l'art. « On peut juger par là, dit le président Murchison[3], des progrès que ce peuple extraordinaire a faits dans la géodésie ; nous n'en étions pas là au commencement du siècle ». Un des émules de Murchison, le savant Vivien de saint-Martin, dont nous consultons avidement et avec un extrême profit les moindres travaux, ajoute son témoignage à celui de sir Roderick ; il déclare, à propos d'un plan de Yedo à grande échelle apporté par notre compatriote Robert Lindau[4], que « rien de plus net et de plus élégant ne sortirait des mains du plus habile de nos dessinateurs. » Yedo est, comme on le sait, la métropole japonaise ; M. Lindau en évalue la superficie totale à 85 kilo-

[1] Les Japonais ont fait graver leurs monnaies depuis l'an 600 av. J.-C. et les armoiries des principales familles. Ils n'impriment que d'un côté et ne se servent pas de caractères mobiles.

Les plans et cartes de leurs géologues sont remarquables. Titsing, japonais bien connu en France il y a quarante ans, possédait un superbe herbier dessiné et colorié avec le goût le plus sûr. Ils aiment, du reste, la *chasse aux herbes*, et la classification de Linné est chez eux en honneur. Il existe une Société botanique à Ovari.

[2] Sir R. Alcock, *The capital of the Tycoon*. London, 1863.

[3] Dans son *Adresse*, mai 1863. Cette carte a, croyons-nous, servi à établir celle qui a été publiée à Londres (1863), concurremment avec les relevés des côtes japonaises de Ward (1861), les relevés russes des côtes Est de Corée (1857), les relevés français et anglais des côtes Sud et Ouest de Corée (1859).

[4] *Un voyage autour du Japon*. Paris, 1864. Ces études remarquables ont paru dans la *Revue des Deux Mondes*

mètres carrés et en porte la population à 1,700,000 individus[1].

On peut redouter dans ces chiffres quelque exagération, mais le temps est proche où le Japon ne sera plus en blanc sur nos mappemondes. Les Portugais[2] nous avaient donné les *lettres annuelles* de leurs missionnaires[3]; les Hollandais, quelques relations de voyage[4] et le grand ouvrage de Siebold (1823-30)[5], si peu répandu et vulgarisé dans ses traits les plus généraux par le petit livre écrit par Édouard Fraissinet, hollandais d'origine quoique écrivain élégant, en français, et récemment complété par le laborieux secrétaire de la Société de géographie de Paris, M. Malte-Brun[6]. L'expédition prussienne de 1859[7] n'a pas rendu les services de l'expédi-

[1] Thunberg donne au palais seul cinq lieues d'une heure de circonférence; le seraï, à Constantinople, occupe aussi le tiers de la ville. Kaempfer compte vingt et une heures de chemin autour de la ville. La *salle des mille nattes* au palais a 200 mètres de long sur 100 de large : tout l'ameublement consiste en nattes blanches garnies de franges d'or. En général les Japonais usent beaucoup de salles qu'on divise à volonté avec des cloisons mobiles. Le tremblement de terre du 11 novembre 1855 a détruit, à Nippon, *cent mille* maisons. Le daïri ou palais du mekado est à Myako; il y a là cinquante-deux mille prêtres, dit-on.

Les évaluations sont, quand il s'agit du Japon, dépourvues à ce point de certitude, que les uns donnent une population de 15,000,000 d'âmes à l'empire, les autres une population de 40,000,000 d'âmes.

[2] Les *Annales japonaises* content ainsi le fait de leur débarquement (1543) « Un vaisseau étranger touche à .... L'équipage se compose d'une centaine d'hommes de l'aspect le plus singulier. Leur langage est inintelligible et leur pays inconnu. Ils portent des armes à feu, etc . »

[3] Bruxeda de Leyva, *Historia del reyno de Japon*. Çaragoça, 1591. — Agostinho de Santa Maria, *Rosas Colhedas no jardim do Japom*. Lisboa, 1709. — Cf. Kaempfert (1727) et de Charlevoix (1736). — Les anecdotes de Titsing ont été publiées par Abel Remusat (1820). N'oublions pas Doeff (1835), Meylan, Dubois de Jancigny, assez au courant de l'Orient (1850). Il est curieux de relire une relation d'un agent de Colbert, Fréd. Caron, *Beschreibung des Kœnigreichs Japon*, 1663. — On peut consulter avec quelque fruit le voyage du Suédois Thunberg, Upsal, 1788; Langlès l'a traduit et Lamark l'a revu, Paris, an IV. — Cf aum Krusenstern, la Pérouse, l'Américain Rud.

[4] Voir Léon Pagès, *Bibliographie japonaise*. Paris, 1859. — Cf. la *Bibliothèque asiatique* de M. Ternaux.

[5] Nippon, *Archief*... Leyde, 1832, in-f. Une édition française, trop luxueuse pour nos bibliothèques démocratiques, en a été commencée et discontinuée. Nos riches lisent peu. — L'Angleterre en possède un abrégé : *Manners and customs of the Japanese*, 1841.

[6] *Le Japon*. Paris, 1864.

[7] Kreyher, *Die preussische expedition*. Hamburg, 1863. R. Werner, *id.* Leipzig, 1863. — Dr Herman Maron, *Japan und China*. Berlin, 1863. — Spiess, *Die preussische expedition*. Berlin, 1864. — Berg, *Preussische expe-*

tion américaine de 1852. Mais, qui en douterait? nous aurons bientôt les Japonais peints par eux-mêmes et, de toutes les peintures, celle-là sera après tout la plus ressemblante, la plus étudiée, la plus autorisée.

Nous sortirons du Japon par l'île d'Yezo, que menacent déjà les Russes. Les habitants d'Yezo, les Aïnos, semblent assez désintéressés dans la question. Ils vivent de chasse et surtout de pêche. Ils ont le teint cuivré, la peau rude, ridée et velue, les os proéminents. Les femmes se peignent les lèvres en vert, assure M. Léon de Rosny. Un mari en a quatre ou huit selon son adresse à la chasse. Elles élèvent des oursons qu'on engraisse, qu'on étrangle en cérémonie et qu'on mange ; puis *on les pleure* d'après les rites. Ce sont des gens qui ont à cœur la famille. Quand ils perdent un des leurs ils brûlent la maison : voilà une manière fort désintéressée de prendre le deuil [1] et on ne doit point médire des larmes d'héritier chez les Aïnos. Pour s'exciter à la douleur ils s'arment d'un pilon en bois, gros et noueux et chacun de frapper ferme et dur sur son voisin : c'est la cérémonie des funérailles, et cette bastonnade, qui aurait réjoui Scapin et Figaro, n'a de terme que quand la terre a achevé de recouvrir les restes du défunt. N'en rions pas, car le *pilon* est l'*ultima ratio* de cette société naïve et robuste. Le pilon tranche toutes les difficultés, termine tous les procès, résout tous les litiges, comme l'ordalie au moyen âge, comme le duel aujourd'hui. On se rassemble sur le rivage, on commence poliment par adresser sa prière aux dragons de la mer. Les deux champions sont nus ; on jette les sorts pour savoir celui qui frappera le premier, l'autre présente son dos. L'adversaire frappe et l'assistance attend l'aveu du patient. Si celui-ci tient bon, quand le dernier coup réglementaire a été appliqué, son tour arrive. Il se redresse en poussant un cri féroce et la scène change. Il rend, coup pour coup à la partie ce qu'elle lui a avancé. Si le duel n'a

dition. Berlin, 1864 (compte rendu officiel). — Le Dr Friedel a du moins donné une historiographie médicale de ces contrées, Berlin, 1863. (Voir l'article Japon, de l'orientaliste Dr Lietard, dans le *Nouveau dictionnaire des sciences médicales* de V. Masson.

[1] Siebold se borne à dire que la veuve d'un Aïno se retire dans les montagnes et que les parents ne paraissent point en public la tête découverte pendant la durée du deuil. Les Aïnos, ajoute-t-il, comptent les années par la chute des feuilles, et calculent par incisions faites dans une branche (comme nos villageois).

point amené de désistement, il recommence jusqu'à extinction de colère ou plutôt de chaleur naturelle. On prend jour, et les blessures guéries, on répète le duel au pilon, c'est aller en appel. Les jeunes gens bien nés s'exercent consciencieusement à ces tournois; cela fait partie d'une bonne éducation; ils s'endurcissent bravement le dos et le cœur pour figurer avec distinction dans ces affaires d'honneur.

Ce droit pénal primitif se réclame un peu du talion et de la formule de l'Exode : *Reddes oculum pro oculo, dentem pro dente, vulnus pro vulnere, livorem pro livore*..... Et je ne sais trop si la définition du répertoire de jurisprudence de Dalloz ne s'appliquerait point ici : « Le duel est le fait de deux individus qui vident avec loyauté une querelle dans un combat irrégulier. »

Voilà les peuples qui arrêteraient ceux que le Caucase et Varsovie, délaissée de l'Europe, il est vrai, n'ont point arrêtés! La Russie dans la capitale Hakodade, a une légation et trouve son port d'hivernage au milieu des froids rigoureux qui chassent les vaisseaux des havres de la Mandchourie, en attendant qu'elle y règne Dans cette prévision fâcheuse, le gouvernement japonais fait de grands sacrifices pour mettre cette île si riche en houille, fer, cuivre, soufre, plomb, étain, en productions animales et végétales, sur un bon pied de défense et il a même imaginé d'y intéresser les sept principaux daïmios du nord de Nippon en la leur partageant. « Le gouvernement japonais dépense chaque année des millions pour ouvrir des routes, creuser des canaux, défricher une terre naturellement fertile, élever des forts et fonder divers établissements d'utilité publique. La Russie ne saurait que gagner en temporisant [1]. »

IV

LA FRANCE DANS L'EXTRÊME ORIENT.

Le testament de Pierre le Grand. — *Finis Poloniæ*. — Deux pages inédites d'Henr Martin. — La famille européenne. — Un souvenir du Meïkong.

La diplomatie russe relit volontiers, dans les archives de Peterhof, le célèbre testament du tzar Pierre le Grand.

« La Russie, que j'ai trouvée rivière et que je laisserai fleuve,

[1] Mermet de Cachon, missionnaire. Les Aïnos. Paris, 1865.

deviendra sous mes successeurs une grande mer destinée à renouveler l'Europe appauvrie; oui, ses flots montent, montent; et, si mes descendants savent en diriger le cours, ils déborderont malgré toutes les digues que des mains efféminées pourraient opposer à leurs envahissements. »

Hélas cette digue aurait déjà été renversée s'il fallait croire au cri de triomphe qui retentit encore à nos oreilles : *Finis Poloniæ*[1] *!* Dieu est trop haut et la France est trop loin, disaient en tombant les héroïques faucheurs polonais et lithuaniens.

[1] « Non-seulement la discorde règne toujours entre les nations européennes, mais cette discorde est fomentée et envenimée avec un art profond par une race étrangère et par un esprit étranger, qui se sont introduits en Europe pour la dominer et la dissoudre, et qui y apportent un grand mal moral et un grand danger matériel immense. Un État, un peuple d'une autre origine, qui avait sa raison d'être et sa fonction, lui aussi, celle de porter les formes extérieures de la civilisation qu'il a empruntées à l'Europe, et l'activité dont il participe, jusque dans l'extrême nord et l'extrême orient de l'Asie, et de faire entrer ces régions stagnantes dans le mouvement général du monde moderne, cet État et ce peuple, disons-nous, dédaignent leur rôle légitime pour les rêves gigantesques d'une malsaine ambition : loin de prendre appui moral sur l'Europe tout en restant différents de l'Europe, pour modifier, dans l'intérêt général, ce qui leur est actuellement inférieur, le monde de la race jaune, le monde mogol et chinois, ils se sont retournés vers l'Europe pour la dominer elle-même, elle, leur supérieure et leur initiatrice à laquelle ils ne peuvent rien apporter ni rien apprendre, et ils poussent, par leur action perturbatrice, tout l'ancien hémisphère à des catastrophes incalculables. » — HENRI MARTIN.

« Les nationalités doivent subsister comme les notes diverses d'une symphonie et non s'abîmer dans le bruit confus du chaos. La loi de l'humanité, comme de toute création, est la variété dans l'unité.

« Toute vraie nation donne sa note au concert, ou pour parler sans métaphore, exerce sa fonction dans l'ensemble, et ne peut être supprimée par la violence sans que sa disparition ne jette le trouble dans tout le reste; si elle manque volontairement à sa fonction, à sa mission, si elle se dissout ou s'annule, elle peut être remplacée et le vide comblé par une nation nouvelle; mais *il est très-important de remarquer qu'aucune nation chrétienne n'a encore disparu.*

« Jamais on n'aurait vu sur la terre rien de comparable à ce qui se produirait, le jour où les nations européennes, reconnaissant à quel point elles sont nécessaires les unes aux autres, renonceraient à leurs jalousies puériles, à leurs envahissements réciproques, à leurs rancunes surannées, pour organiser la fédération de l'Europe et reconstituer dans une savante ordonnance l'unité primordiale de la grande race, dont elles descendent, en conservant l'indépendance et en assurant le libre développement de chacune des branches aryennes qui sont devenues les nations modernes. Quelle splendide variété,

Dans le Pacifique, la France prend position sur le bassin magnifique du Meïkong, elle plante son drapeau sur le sol de la Cochinchine et demain dans le Kambodje. Ce drapeau-là ne couvre ni les comptoirs où l'on débite l'opium, ni les ergastules où on knoute un peuple entier de vieillards, de femmes, d'enfants.

Un souvenir nous revient en mémoire. C'est précisément devant l'une des embouchures du Meïkong, destiné à devenir bientôt entre les mains de la France une nouvelle route ouverte au commerce intérieur de la Chine, que le poëte qui chanta Gama et les découvreurs de la route des Indes et de l'extrême orient, Camoens, fit naufrage. Il nageait et soutenait d'une main ferme au-dessus des eaux, le poëme sacré des *Lusiades*. Là où je vois de loin flotter au-dessus des orages, les couleurs du peuple qui est le chevalier désintéressé de toutes les nobles causes, je salue l'étendard libérateur qu'une grande idée précède et qu'un grand peuple suit.

quel magnifique résumé du génie humain présenterait une société politique formée de la France, de l'Angleterre, de l'Allemagne, de l'Italie, de l'Espagne, de la Scandinavie, de la Pologne, de la Grèce et des nations du Danube. Nous sommes loin de ce jour de gloire! » — HENRI MARTIN.

ERNEST MORIN

TABLE DES MATIÈRES

PREMIÈRE PARTIE

SCIENCES PURES

ASTRONOMIE

Recherches récentes sur la Constitution physique du soleil, par M. Amédée Guillemin. 1

I. Nature des taches solaires. — Les taches sont des cavités entamant les couches superficielles du soleil. 2
II. État physique de la surface visible, de l'astre, expériences polariscopiques d'Arago.—Expériences d'analyse spectrale de MM. Bunsen, Kirschoff et Mitscherlich. 7
III. Théorie nouvelle sur la constitution physique du soleil par M. Faye . . . 13

PHYSIQUE.

Timbres des sons musicaux et théorie scientifique de la musique, d'après les recherches d'Helmholtz, par M. Georges Rayet. 19

I. Généralité sur les mouvements vibratoires et leurs rapports avec les sons. 20
II. Le timbre des sons est dû à la combinaison du son fondamental et de quelques-uns de ses harmoniques. 22
III. Analyse des sons produits par la voix humaine ou les instruments de musique. 24
IV. Synthèse des sons. 32
V. De la perception des sons. 36
VI. Base rationnelle de la musique. 38

La chaleur, source d'électricité, par M. Ernest Saint-Edme. 41

CHIMIE.

Le grand prix biennal, travaux de M. Wurtz, par M. P. P. Dehérain. 52

I. Les classifications chimiques. Théorie dualistique. — Lavoisier. — Berzelius. — Idées des radicaux composés. Théorie des substitutions. Théorie des types. 53
II. Extension de la théorie des types. — Découvertes des ammoniaques composées. — M. Vurtz. — M. Hoffmann. — Idées des radicaux polyatomiques. — M. Villiamson. — Alcools polyatomiques. — Anciens travaux de M. Chevreuil. — Classification des corps gras. — M. Berthelot. — Découvertes des alcools biatomiques ou glycols. 63

PHYSIQUE DU GLOBE.

LES PROGRÈS DE LA MÉTÉOROLOGIE, par M. ÉLIE MARGOLLÉ. 73

LES PERTURBATIONS PÉRIODIQUES DE LA TEMPÉRATURE, par M. AMÉDÉE GUILLEMIN. . 98

Tradition populaire sur les perturbations de température, *les saints de glace* et *l'été de la Saint-Martin*; la *sainte Dorothée* et *Saint-Laurent*. — Étude scientifique de ces perturbations; MM. Erman, Petit, Buys-Ballot et Dove. — Relation hypothétique entre ces phénomènes et les apparitions périodiques de météores. M. Ch. Sainte-Claire-Deville; vérification des perturbations thermométriques dans les deux hémisphères, boréal et austral — Époques critiques des maxima et des minima, et opposition des phénomènes, étude des variations des autres éléments météorologiques. — État actuel de la question. 98

GÉOLOGIE.

LES VOLCANS, A PROPOS DE LA DERNIÈRE ÉRUPTION DE L'ETNA, par M. A. REITOP. 112

I. Distribution des volcans à la surface du globe. 113
II. Première étude générale des phénomènes volcaniques. 115
III. Étude détaillée de l'Etna. — Conclusions, qu'on en doit tirer relativement à la formation d'un grand nombre de volcans. 125
IV. Liaison des volcans et des systèmes de montagnes. 137
V. Des produits non gazeux des volcans. 139
VI. Des produits gazeux. 143
VII. Distinction des produits volcaniques à la manière des laves et des produits volcaniques à la manière du soufre. 148
VIII. Du rôle de l'eau dans les phénomènes volcaniques. 151
IX. Composition des principales roches éruptives. 154
X. Des filons ordinaires. 156
XI. Des filons stannifères et du granite. 161
XII. Conclusion. 166

PHYSIOLOGIE.

LA GREFFE ANIMALE, TRAVAUX RÉCENTS DE M. PAUL BERT, par M. J. MAREY. 168

I. Origine de la greffe animale. 168
Greffes végétale et animale. 170
Définition du sujet. 171
La greffe animale en chirurgie. 171
Conclusions physiologiques. 173
II. Greffe physiologique. 174
Greffe siamoise. 174
III. Greffe nerveuse. 178
Survie des parties greffées. 181
Accroissement des parties greffées. 182

ANTHROPOLOGIE.

L'HOMME AVANT L'HISTOIRE, par M. GASTON TISSANDIER. 189

L'HOMME A-T-IL ÉTÉ CONTEMPORAIN DES MAMMIFÈRES DE L'ÉPOQUE QUATERNAIRE?

Le sphéroïde terrestre et l'époque quaternaire. — Le problème de l'homme fossile. — Découvertes du siècle dernier. Les cavernes à ossements. — Leur formation. — Leur contenu. — Argile à ossements. — Schmerling et les cavernes des environs de Liége. — Caverne de Lherme. — Grotte d'Arcy. — Caverne d'Auri-

gnac. — Les cavernes ne nous démontrent pas que l'homme ait vécu avec les animaux de l'époque quaternaire. — Les débris de l'industrie humaine et les haches en silex ne nous fournissent pas non plus de preuves à l'appui de ce fait.— Les silex du Grand-Pressigny.— Les antiquaires et les pierres à fusil. . . 188

L'HOMME ANTÉ-HISTORIQUE ET L'INDUSTRIE PRIMITIVE.

Coup d'œil jeté au-delà des limites de l'histoire. -- Étude des débris de l'homme anté-historique. — Les monticules de coquilles ou *Kjækkenmœdings*. — Les marais tourbeux. — Age de pierre, âge de bronze, âge de fer. — Les cités lacustres. L'histoire de l'homme primitif; sa vie, ses mœurs et ses coutumes. — Guerres. Industrie et agriculture. — Vêtements. — Nourriture. — Tombeaux. . . . 201

Antiquité de l'homme. — Opinion de Cuvier sur quelques monuments historiques. — M. Renan et l'Égypte ancienne. — Cuvier n'a jamais nié la haute antiquité de l'humanité. — Tentatives faites pour assigner une date certaine à la naissance de l'homme. — Sir Ch. Lyell et le delta du Mississipi. — Date de l'âge de pierre, en Suisse, d'après M. Morlot. — Les tourbières du Danemark, considérées comme une preuve de l'ancienneté de l'homme. — L'homme anté-historique comparé à l'homme moderne. — Crâne d'Engis et de Neanderthal. — Théorie de Darwin. — L'homme et le singe. 210

ZOÓLOGIE.

Des Poissons voyageurs qui, à l'époque de la reproduction, abandonnent la mer pour remonter les fleuves, et sont dits poissons anadromes, ou quittent les fleuves, et descendent à la mer, par M. Duméril. 217

Le Corail, par M. Vignes. 247

I. Origine de la mission de M. Lacaze-Duthiers. — Discussions relatives à la nature du Corail. — Historique. — Questions résolues par l'histoire naturelle du Corail. 247

II. Du Corail en général. — Caractères extérieurs et organisation des polypes. — Structure des diverses parties du Corail : corps des polypes; écorce ou tissu commun; polypier ou axe solide arborescent. 255

III. Digestion, circulation et respiration chez le Corail. 262

IV. Multiplication gemmipare. — Reproduction par œufs. Fécondation. — Oviviparité. — Naissance et fixation des larves. 265

V. La Pêche du Corail. — Engins — Nécessité de l'amélioration des règlements. 269

DEUXIÈME PARTIE

SCIENCES APPLIQUÉES

MÉCANIQUE.

Le percement de l'isthme américain, par M. E. Menu de Saint-Mesmin. 276

LA JONCTION DES DEUX OCÉANS.

Souvenir historique. — Une ligne des Mémoires de Silvio Pellico. — Le secret du détroit. — Projet de canal dans l'Amérique septentrionale. — De Lima aux côtes du grand Para. — Le détroit Patagon. — Le percement de l'isthme américain. 276

ASPECT GÉNÉRAL DE L'ISTHME AMÉRICAIN.

L'isthme de Tehuantepec. — Le Guatemala. — San Salvador. — Le Honduras. — Nicaragua. — Costa Rica. — L'isthme de Panama et le golfe San Miguel. . 278

LE DÉTROIT DE DARIEN.

Le niveau des deux mers. — Projet de détroit du docteur Cullen. — De Cupica, à

la rive gauche de l'Atrato. — Le canal du Curé de Novita. — Tracé de M. Kelley. — Le plateau de Comaygua. 282

DEUX DES TROIS GRANDS PROJETS DE PERCEMENT.

Tracé du général Orbegoso, dans l'isthme de Tehuantepec. — Variante de l'ingénieur Moro. — La vallée lacustre de Nicaragua. — Galisteo, Baily, OErstedt et M. Belly. — Tracé Napoléon. — Le Rio San Juan. 286

LE CANAL DE PANAMA.

Un souvenir inédit. — Expertise de MM. Falmark et Lloyd, de MM. Garella et de Courtines. — Double solution de M. Mellet. — D'Aspinnal à Panama, par terre et par eau 294

REVENUS ET DEVIS.

Revenus de l'exploitation d'après le prince Louis Napoléon, — d'après M. Belley. — Recettes probables. — Devis du canal maritime de Panama, — de Nicaragua, — de Tehuantepec. — Extrait d'une lettre mexicaine. — Conclusion. 298

Les puits artésiens du Sahara, par M. F. Zurcher. 306

I. Premiers puits artésiens. — Procédés primitifs employés par les indigènes. 308
II. Les ingénieurs français au Sahara. — Travaux de M. Ch. Laurent. — La conquête pacifique. 312

CHIMIE APPLIQUÉE.

Les gisements de potasse de Stassfurt, par M. P. P. Dehérain. 319

I. Découverte du sel gemme en Prusse et dans le duché d'Anhalt. — Importance du gisement. — Différents sels qu'on y rencontre. — Hypothèses sur sa formation. 320
II. Quantité de potasse enlevée au sol par diverses cultures. — Potasse totale existant dans le sol arable. — Potasse soluble. Essais synthétiques. — Expériences de M. G. Ville, de M. le baron de Liebig. — Les maladies des pommes de terre des betteraves. Importance de la question. 326

MÉDECINE ET HYGIÈNE PUBLIQUE

Des hopitaux. — Assistance et hygiène, par M. le docteur U. Trélat. 332

I. Les hôpitaux et l'assistance publique avant la Révolution. — Développement successif. — Révolution, ruine. Période de restauration. — But complexe de l'assistance hospitalière. 332
II. De l'assistance. — Ses nécessités. — Ses inconvénients. — Augmentation des assistés. — Encombrement. 337
III. Hygiène des hôpitaux. — Les réunions sont insalubres. — Insalubrité des hôpitaux. — Elle varie suivant la nature des malades. — Conditions de salubrité. — Dispersion. — Aération. — Moyens de les réaliser. — Capacité des hôpitaux. — Conclusion. 341
IV. Moyens de concilier les nécessités de l'assistance et celles de l'hygiène. — hôpitaux de traitement. — Hôpitaux utiles ou hospices temporaires. — Traitement externe. — Conclusion, l'hôpital, institution de prévoyance. 356

Les épidémies cholériques, par M. le docteur Jules Worms 365

I. Résumé historique et géographique. — Période asiatique. — Invasions de l'Europe. — Circonstances auxiliaires. 365
II. Caractères des épidémies. — Signes prémonitoires de l'attaque de choléra et

symptômes de celle-ci. — Incertitude du traitement du choléra. — Efficacité du traitement de la cholérine. 371
III. Mode de propagation du choléra. — Importation sur les côtes. — Colportage du germe cholérique d'un lieu à un autre. — Expériences faites sur les animaux. 375
IV. Prophylaxie publique. — Quarantaines. — Cordons sanitaires. — Mesures relatives à la préservation locale. 386

SYLVICULTURE

De l'influence des forêts sur le climat, le sol et les eaux, par M. Maurice Gomont 391
I. Influence des forêts sur l'état climatérique de la conservation du sol, sur le régime des eaux et le débit des sources, sur la salubrité. 393
II. Du chêne et de son emploi dans la marine. — Terrains et climats qui lui conviennent. — Causes auxquelles on peut attribuer cette essence dans les forêts. Doit-on défricher les forêts de plaine? 407

GÉOGRAPHIE.

Les derniers progrès de la géographie dans l'extrême Orient. — La Chine et le Japon, par M. Ernest Morin 412
I. *Un coup d'œil sur les explorations récentes en Asie.* — L'isthme de Suez. — Les isthmes ont uni les peuples, ils les séparent. — L'Europe, colonisée naguère par l'Asie, la civilise aujourd'hui. — La fin d'une vieille métaphore. — Un faux derviche. — La trigonométrie et la télégraphie dans l'Asie centrale. — Les Russes chez les barbares asiatiques. — Similia similibus. — Les Anglais dans l'Inde. — Une épopée indienne 412
II. *La Chine.* — Une civilisation âgée. — Les trois mille ans. — Les vieilleries de la Chine et les nouveautés de l'Europe. — Application des idées de M. V. Cousin et de M. V. Duruy en Chine. — La morale indépendante en Chine. — *Væ soli.* Les misères d'un fonctionnaire chinois. — Pourquoi la grande muraille est tombée 415
III. *Le Japon.* — Japonais et Chinois. Historique des relations du Japon avec l'Europe. — Le pape Japonais et son maire du palais. — Une révélation sur le Japon. — Les sultanes de la cour ecclésiastique de Myako. — De l'usage de se couper le ventre pour sortir d'embarras. — Du rôle de l'éventail dans l'existence d'un Japonais. — La locomotion dans l'extrême Orient. — Un récit japonais de l'arrivée des Européens au Japon. — Les Japonais peints par eux-mêmes. — Les Russes au Japon. Les Aïnos. — Le duel au pilon 418
IV. *La France dans l'extrême Orient.* — Le testament de Pierre le Grand. — Finis Poloniæ. — Deux pages inédites d'Henri Martin. — La famille européenne. — Un souvenir du Meïkory. 427

AUTEURS

CITÉS DANS CET OUVRAGE

About (Edmond), 184.
Achard (dr Félix), 349.
Alien, 218.
Agassiz, 244.
Airy, 80.
Alcock (sir Rutharford), 424.
Amiel, 194.
Ampère, 65.
Andrau, 78.
Arago (Fr.), 7, 100.
Aristote, 218, 233, 235.
Artedi, 231.
Audouard, 376.
Ausone, 219, 229, 243.

Babington, 78, 94.
Bacon, 216.
Baily, 286.
Balfour-Stewart, 1.
Bastiat, 339.
Barral, 81, 98.
Baude, 272.
Beaumont (Elie de), 123, 207.
Becquerel, 44, 392 et suiv.
Becquerel (Ed.), 48, 111.
Bellaud, 400.
Belly (F.), 281, 286, 298.
Belgrand, 404.
Belon, 218, 230, 234.
Benoît (dr), 377.
Berbrugger, 311.
Berigny, 81, 110.
Berlandier, 417(
Bernard (Cl.), 24 ;.
Bert, 181.
Berthelot, 65, 70.
Berzélius, 57.
Biorme, 284.
Bishop, 90.
Blondel, 356.
Bodinier, 377.
Bolivar, 295.
Bonaparte, 276.
Bonneau, 413.
Boubée, 385.
Boucher de Perthes, 198.
Boullay, 69.
Bourboulon (Mme), 417.
Bourgeois, 197.
Boussingault, 327, 394.
Bridet, 87.
Brisbane (lord), 90.
Brochard (dr), 377.
Brongniart, 199,
Bruck (de), 81.
Buffon, 216.
Bunsen, 7, 42, 45, 50, 58.
Burgoyne (sir John), 76.
Buys-Ballot, 78, 98.

Cahours, 59, 61.
Camus, 234.
Cantegril, 400.
Capper, 87.
Carrington, 1, 14.
Causans (de), 228.
Cazin, 88.
César, 192, 215.
Chacornac, 1, 6, 11, 14.
Chappe, 75.
Chardonneau (T.), 87.
Chasseloup-Laubat, 255.
Chauveau, 303.
Chevalier, 197.
Chevalier (Michel), 285, 395, 406.
Chevreul, 61, 63, 69.
Choiseul-Gauffier, 405.
Cicéron, 233.
Cloëz, 111.
Cloquet, 228.
Codazzi, 284.
Conte-Grandchamps, 404.
Cooper, 225.
Corter, 278.

Corti, 36.
Coste, 223, 229, 241.
Couchelas, 227.
Coumes, 223, 225.
Courtines (de), 294.
Cullen, 282, 283.
Cuvier, 190, 210, 253.

Dalmas (de), 218
Dampier (de), 290.
Dann, 376.
Darwin (Ch.), 97, 135.
Dawes, 12.
Decaisne, 198.
Degousée, 315.
Dehérain, 9, 42, 101.
Delambre, 210.
Deslandes, 226.
Desor, 222.
Desvaux, 315.
Deville (Ch. Ste-Claire), 98, 137.
Deville (H. Ste-Claire). 9, 16, 81.
Diacon, 88.
Diodore de Sicile, 282.
Diogène, 235.
Donders, 35.
Dove, 80, 87, 95, 98.
Dowler, 211.
Dubocq, 312.
Duhamel, 222, 226, 230, 236.
Dumas, 59, 60, 62, 69, 74.
Dumont d'Urville, 204.
Dupuy, 210.

Eissen, 377.
Erhenberg, 265.
Erman, 98.
Escayrac (le comte d'), 417.
Esper, 190.

Falmark, 294.
Fauche, 415.
Faye, 1, 18.
Fitz-Roy, 78, 95.
Fonvielle (de), 42, 73, 101, 189
Foresy (Raffaello), 207.
Fould, 395.
Fourcalut, 385.
Fourrier, 312.
Fouqué, 112, 137.
Fournel, 312.
Fox, 285.
Fraissinet, 422.
Francis Baily, 90.
Franklin, 75.
Fremy, 111.
Friedel (dr), 425.
Fuchs, 325.

Galilée, 6.
Galister. 286.
Gallonius, 235.
Gamond (Thomè de), 290.
Garella, 294,
Garengot, 184.
Garey (don José), 287.
Gaugain, 88.
Gauthier (La Peyronnie), 252.
Gasparin (de), 88.
Gay-Lussac, 58, 395.
Gerhard, 60, 65.
Gernez, 88.
Gignenèche, 285.
Gogorza (de), 284.
Graef, 405.
Graham, 70, 122.
Grammont (Gillet de),
Grimaud (de Caux), 377.
Groombridge, 10.
Gros (dr), 377.
Grove, 90.
Grouven, 330.
Guérin (V.), 414.
Guillaume Ier, 290.
Guizot, 295.

Hachette, 85.
Haeser. 376.
Haine (J.), 253, 260.
Hamelin, 82.
Hardy, 308.
Heaghens, 81.
Helmholtz, 19, 25.
Hément (F.), 196.
Hérodote, 204.
Herschel (J.), 1, 8, 16.
Hervé-Mangon, 308.
Hessler, 366.
Herschel (B.), 15.
Hetting,
Hodgsom, 425.
Hetzel, 79.
Hoffmann (64),
Horace, 235.
Houzeau, 111.
Huette, 377,
Humboldt (de), 113. 115, 277. 284, 394.
Huse. 230,
Huxley, 214.

James, 76.
Jansen, 78.
Jeandel, 400.
Jomard, 294.
Jolly, 295.
Joly, 186.
Junghuhn, 117.
Jurine, 244.
Jus, 314.
Juvenal. 238.

Kaempfer, 412.
Kaentz, 73.

Keller, 80, 202, 205.
Kelley, 282.
Kiehl, 376.
Kirchhoff, 5, 15, 16.
Klaproth, 418.
Kœnig, 27, 41.

Lacaze-Duthiers, 253, 273.
Laflitte, 390.
Lamark, 66.
Lamarmora, 159.
Laplace, 15, 74.
Lapparent (d'), 392.
Larabit, 390.
Lartet, 193, 201.
Laugel, 186.
Laugier, 14.
Laurent, 60.
Laurent (Ch.), 306, 312.
Lavoisier, 53, 55, 74.
Lehaut, 316.
Lelius, 233.
Lesseps (F. de), 413.
Léveillé, 197.
Leverrier, 78, 86, 95.
Leyva (de), 425.
Liebig, 61.
Lietard, 326.
Lindau, 424.
Lindsay, 381.
Livy, 202.
Lloyd, 294.
Lockyer (Norman), 11.
Lœwy, 1.
Luynes (de), 414.
Lyell (sir Ch.), 186, 195, 211.

Mædler, 100.
Magellan, 278.
Malte-Brun, 277, 425.
Mangin (Arthur), 307.
Mario Polo, 417.
Marcus, 45, 50.
Margollé, 76.
Marié-Davy, 73, 85, 95.
Mariette, 210.
Marroin, 377.
Martial, 235.
Martin (Henri), 415.
Martins (Ch.), 73, 81.
Mascart, 88.
Mathiessen, 50.
Maury, 76, 78, 81, 91, 94.
Melde, 25.
Mellet, 292, 294.
Mellony, 46.
Menu de St-Mesmin, 413.
Mermet de Cachon, 427.
Millet, 228.
Milne Edwards, 253, 260.
Mitscherlich, 7.
Montblanc (comte de), 421.
Montigny (de), 74.
Morin, 294.
Morinière (Noël de la), 221, 229.
Morlot, 202, 211.
Moro, 286, 302.
Morren, 89.
Mouthly, 1.
Muller (Aug.), 237.
Murchison (sir A.), 424.

Napoléon (le prince Louis), 286, 298.
Nasmyth, 12.
Nicolucci, 202.
Nilson, 243.
Nobili, 46.

Œrstedt, 45, 286, 301.
Olberse (d'), 107.
Oliphaut, 425.
Ollier, 182.
Oppert, 403.
Orbegoso, 286.
Orbigny (d'), 159.

Palgrave, 414.
Pallas, 238, 245.
Panctius, 235.
Parry, 425.
Pauthier, 417.
Pelly, 414.
Pennant, 245.
Petit, 98.
Petenkoffer, 381.
Piddington, 75, 80, 87.
Pinguilly-L'Haridon, 199.
Plantamour, 105.
Pline, 117, 218, 221, 232.
Ploix (Ch.), 85.
Poggendorf, 47.
Potier, 189.
Pouchet, 221, 231.
Poulett-Scrope, 121.
Publius, 235.
Puydt (Lucien-Pierre de), 284.

Quatrefages (de), 186, 210, 263.
Quetelet, 76, 84, 105, 220.

Rameau, 38.
Reclus, 186.
Redfield, 80, 87.
Regnault, 60.
Reid, 80, 87.
Renan (Ernest), 210.
Richardson, 245.
Rimpan, 320.
Robin (Ch.), 381.
Robinson, 414.
Rognaud, 376.
Robert, 198.

Romme, 75, 89.
Rondelet, 218, 221, 230.
Ross (sir John), 115.
Rosny (E. de), 426.
Rosse (lord), 77, 90.
Roulin, 207, 404.
Rue (de la), 1, 6.
Rumkhorff, 49.

Saint-Isidore, 233.
Saint-Hilaire (Geoffroy), 65, 75.
Salluste (Guil. de), 218.
Salomon, 295.
Sarcey (F.), 418.
Schram, 228.
Scheuchzer, 189.
Schmerling, 188, 192.
Schœmbein, 111.
Schomburgk, 246.
Scrive, 377.
Secchi, 1, 14, 84.
Seebeck, 44.
Selys Longchamps (Ed. de), 220, 239.
Serres (Olivier de), 229.
Shaw, 309.
Silvio-Pellico, 276.
Simonin, 207.
Smith, 224.
Sonnini, 232.
Soubeiran, 228, 240.
Soutcovoy, 418.
Spallanzani, 241.
Spindler, 377.
Spœrer, 15.
Stephens, 292.
Sterlet, 232.
Stewart, 14.
Stone, 12.
Stoppani, 202.
Strabon, 282, 4 3.
Sue, 376.

Tardieu (dr A.), 352.
Terquem, 88.
Thénard, 61.
Thierseh, 381.
Thomas, 219,222, 230.
Thompson, 227.
Trélat (dr U.), 360.
Troschel, 219.
Troyon, 186, 202, 212.
Turgot, 416.
Turton, 226.
Tyndall, 397.

Vaillant, 253.
Valenciennes, 223, 243, 254, 259.
Van Beneden, 253.
Vandermonde (de), 74.
Vaneechout, 82.
Van Gough, 78.
Vasco Nunez de Balboa, 288.
Vallès, 404.
Vamberg, 414.
Vaupelle, 410.
Verneuil (dr), 363.
Vibraye (de), 193, 200.
Viesweg, 19.
Vignes, 215.
Ville (Georges), 329.
Vint, 219.
Vivien de St-Martin, 424.
Vogt, 186, 215.
Vulpian, 183.

Wadington, 414.
Walter Sausen (Sartorius de), 127.
Warren, 6.
Warrenn de la Rue, 90.
Washington, 76.
Williamson, 65, 68.
Willughbey, 234.
Wilson, 1, 7.
Worms (dr Jules), 363.
Wrotesley (lord), 90.
Wurtz, 52, 63.

Yarrell, 236, 239.

Zantedeschi, 81.
Zickel, 317.
Zurcher, 76, 96.

PARIS. — IMP. SIMON RAÇON ET COMP., RUE D'ERFURTH, 1.

